

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA**

**E.A.P. DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**Comparación de dos métodos tecnológicos para  
obtención de miel de yacón (*Smallanthus Sonchifolius*)  
utilizando un concentrador a presión a vacío y una  
marmita a presión atmosférica**

**TESIS**

para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

**AUTOR**

Luis Giancarlo Pinto Maguiña

Yoselin Rosales Cornejo

**ASESOR**

Mario Bautista Castro

**Lima – Perú**

**2007**



..	1
AGRADECIMIENTO .	3
RESUMEN .	5
1.0 INTRODUCCIÓN. . .	7
2.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. .	9
3.0 ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL. .	11
4.0 IMPORTANCIA, JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO. .	13
5.0 FUNDAMENTO DEL ESTUDIO. .	17
5.1 OBJETIVO GENERAL .	18
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .	19
6.0 GENERALIDADES. .	21
6.1- EL YACÓN (SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS) .	21
6.2- PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES. . .	30
6.3- LA INULINA Y LOS FRUCTOOLIGOSACARIDOS. . .	33
6.4- REEMPLAZANTES DEL AZUCAR. (25) .	38
6.5. Marmita (Tipos, condiciones de trabajos, etc.). .	52
7.0 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL. . .	59
7.1 MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS UTILIZADOS. .	59
7.1.1 A NIVEL DE PLANTA PILOTO. . .	59
7.2 MATERIA PRIMA. .	61
7.2.1 ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA. . .	61
7.3.0 PRUEBAS DE OBTENCIÓN DE MIEL DE YACÓN A NIVEL DE LABORATORIO. ..	62
7.3.1 PRUEBAS PARA SELECCIONAR LA MATERIA PRIMA EN LA OBTENCIÓN DE MIEL DE YACÓN. . .	62
7.3.2 PRUEBAS DE ANÁLISIS PARA DETERMINAR CUANTITATIVAMENTE LOS FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS (FOS). .	63
7.4 COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE MIEL DE YACÓN A NIVEL DE PLANTA PILOTO. . .	64

7.4.1 PRUEBAS EN MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA. . .	65
7.4.2 PRUEBAS EN CONCENTRADOR AL VACÍO. . .	74
7.4.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS . .	87
7.5 BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA. . .	89
7.5.1 BALANCE DE MATERIA EN UNA MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA. . .	89
7.5.2 BALANCE DE ENERGÍA EN UNA MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA. . .	91
7.5.3 BALANCE DE MATERIA EN UN CONCENTRADOR AL VACÍO. .	92
7.5.4 BALANCE DE ENERGÍA EN UN CONCENTRADOR A VACÍO. .	94
8.0 ANÁLISIS DE LA MIEL DE YACÓN. .	97
8.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO. .	97
8.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO. . .	98
8.3 ANÁLISIS SENSORIAL. .	100
9.0 ASPECTOS ECONÓMICOS .	105
9.1 COSTOS FIJOS DE LA MIEL DE YACÓN EN MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA. . .	105
9.2 COSTOS VARIABLES DE LA MIEL DE YACÓN EN MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA. . .	106
9.3 COSTOS FIJOS DE MIEL DE YACÓN EN CONCENTRADOR A PRESIÓN DE VACÍO. .	107
9.4 COSTOS VARIABLES DE MIEL DE YACÓN EN CONCENTRADOR A PRESIÓN DE VACÍO. .	107
9.5 COMPARACIÓN DE COSTOS DIARIOS EN FUNCIÓN A LOS DOS MÉTODOS. .	108
10.0 CONCLUSIONES. .	111
11.0 RECOMENDACIONES. . .	115
12.0 BIBLIOGRAFÍA .	117
13.0 ANEXO . .	121



---

*A dios, a nuestros queridos Padres, por su apoyo incondicional, por todo el esfuerzo que han hecho por nosotros y a nuestros hermanos.*



## AGRADECIMIENTO

Habiéndose terminado el presente trabajo de investigación, se agradece enormemente a todas las autoridades, docentes, administrativos y alumnos que de alguna forma participaron en el desarrollo de la presente tesis. Sin embargo, cabe manifestar el más profundo y sincero agradecimiento a las siguientes personas, sin cuya ayuda hubiera sido imposible el poder culminar este trabajo:

- Ing. Mario Bautista Castro, M.Sc., Docente del departamento académico de procesos, por su labor como asesor de la presente tesis y su constante apoyo durante la elaboración de este trabajo.

- Ing. Norma Salas de la Torre, por todo su apoyo en la revisión de documentación remitida y de las sugerencias realizadas, asimismo por su desempeño como miembro de jurado.

- Ing. Jorge Cárdenas Ruiz, Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería Química, Por su apoyo, como Presidente de jurado, así como su guía en la preparación de la sustentación de la presente tesis y las sugerencias hechas.

- Ing. Raymundo Erazo Erazo, Coordinador del Departamento Académico de Procesos, por el apoyo brindado durante la presente investigación y las facilidades brindadas.

- Ing. Oscar Cornejo Sánchez, Docente del Departamento Académico de procesos, por su constante apoyo durante la elaboración de este trabajo y sus acertadas sugerencias.

- Al Ing. Javier Armijo Carranza, Docente del Departamento Académico de Operaciones Unitarias, por su apoyo y sus acertadas sugerencias.

- Ing. Walter Olaya Ramos, por su valiosa colaboración en los análisis microbiológicos de la miel de yacón.

- Ing. Carlos Bermejo, por su valiosa colaboración y acertadas sugerencias.

- Sr. José Villalobos Ruiz, por la ayuda prestada en el trabajo de elaboración de la miel de yacón en la Planta Piloto de la Facultad de Química e Ing. Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Sr. Manuel Soriano Mendoza, por su valiosa ayuda en la realización de esta tesis.

- Sra. Roxana Gil Valdez, por su desinteresado apoyo y su aliento constante para la elaboración de esta tesis.

- Doctora Sandra Méndez Gil, por su valioso apoyo y sus acertadas sugerencias.



## RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se comparan dos métodos tecnológicos para la obtención de miel de yacón a nivel de Planta Piloto, tanto en marmita a presión atmosférica como en un concentrador a presión a vacío.

En los análisis de Fructooligosacáridos (FOS), se obtienen como resultados entre 34,55 y 41,77 g/100 g ms (muestra seca), para la miel de yacón producida en marmita a presión atmosférica como en un concentrador a presión de vacío, respectivamente.

Como resultado de los balances de materia se obtiene un rendimiento en el método de marmita a presión atmosférica de 1 kg Miel = 16,78 kg de yacón, con un tiempo total de operación de 297 min. En el concentrador a presión a vacío con un rendimiento de 1 kg Miel = 14,04 kg de yacón, con un tiempo total de operación de 225min.

En los balances de energía se obtuvo: -  $Q = 3402,42$  kcal/h y  $Q = 6766,30$  kcal/h para el método de marmita a presión atmosférica y en un concentrador a presión de vacío, respectivamente.

El análisis fisicoquímico, reporta que la miel de yacón obtenida a presión atmosférica, tiene una densidad de 1,32g/ml, con una concentración de sólidos solubles de 74°Brix, azúcar reductor de 21,09 g/100g, humedad de 52,35g /100g y una viscosidad de 157,00cps.

Así mismo para la miel de yacón obtenida a presión a vacío, tiene una densidad de 1,32g/ml, con una concentración de sólidos solubles de 74°Brix, azúcar reductor de 37,49 g/100g, una humedad de 31,13g /100g y una viscosidad de 174,27cps.

Los resultados del análisis microbiológico, indican que la miel de yacón es apta para el consumo humano, a la vez, cumple con la Resolución Ministerial N° 615-2003-SA/DM.

Los resultados de análisis sensorial, indica que el panel de degustación acepta la miel producida a presión atmosférica; como a presión de vacío es positiva, siendo esta última con mejor aceptación.

En el estudio económico indica que la miel de yacón producida en un concentrador a presión de vacío es más económica que la miel de yacón producida en marmita, se tiene que la diferencia entre los métodos es de S/. 2,60 por cada frasco de 400g de miel de yacón, con un precio por cada frasco de 41,4 nuevos soles.



# 1.0 INTRODUCCIÓN.

El yacón es una planta domesticada hace varios siglos por los pobladores de las culturas preincaicas. Hace poco tiempo se cultivaba en los jardines y huertos caseros de la serranía para el autoconsumo y para el consumo ocasional en festividades religiosas especiales.

Sin embargo, debido a que recientemente se han empezado a descubrir y difundir algunas de sus propiedades promisorias, se ha generado en la población un creciente interés por este producto. Es así como, desde hace un par de años, el yacón ha empezado a llegar a los mercados urbanos, incluyendo las principales cadenas de supermercados.

Las plantas de este cultivo producen un tipo especial de raíz (conocida con el nombre de yacón) la cual tiene una característica particular; se come en forma fresca (o sea cruda) a pesar de ser una raíz como el camote o la yuca. El yacón tiene un agradable sabor dulce y deja una sensación refrescante después de consumirla, razón por la cual el habitante andino lo considera una fruta. Esta cualidad se debe a que el yacón, a diferencia de la mayoría de tubérculos y raíces que almacenan carbohidratos, principalmente Fructooligosacáridos (FOS), un tipo especial de azúcares con atributos enormemente beneficiosos para la salud humana. Los FOS no pueden ser digeridos directamente por el organismo humano debido a que carecemos de las enzimas necesarias para su metabolismo. Esto significa que los FOS son azúcares que tienen pocas calorías y no elevarían el nivel de glucosa en la sangre. Estas propiedades han convertido al yacón en un recurso potencialmente importante para el mercado de

productos dietéticos y de personas que padecen diabetes. (26)

La mayoría de las propiedades que se asignan al yacón han sido identificadas de manera indirecta. Casi toda la evidencia proviene de estudios realizados con FOS purificados de la achicoria, una planta emparentada con el yacón que contiene INULINA (un polímero de moléculas de fructosa) y a partir de la cual se producen los FOS.

Fuera de los andes se cultivan dos plantas emparentadas con el yacón: La achicoria y el Topinambur, pertenecientes a la familia Asteraceae de las que se extraen industrialmente los FOS para su comercialización como insumo en la industria alimentaria de varios países de Europa y Estados Unidos. Los FOS se emplean en la elaboración de alimentos nutracéuticos o funcionales, es decir aquellos alimentos que independientemente de su valor nutritivo, ejercen un efecto favorable sobre la salud del consumidor. El mercado para este tipo de productos está en expansión y el yacón podría tener posibilidades para posicionarse dentro de esta línea de productos. (9)

La miel de yacón es un producto novedoso, con alto contenido de FOS, resultando de la concentración del zumo de las raíces. Sus características físicas y organolépticas son parecidas a la miel de abeja o de caña de azúcar y puede ser empleado para propósitos parecidos, pero con la ventaja de servir a consumidores preocupados en reducir su ingesta calórica y mejorar la calidad de su alimentación. Pruebas sensoriales y estudios preliminares de mercado han demostrado que la miel de yacón tiene un gran potencial de mercado.



## 2.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La hipótesis de la tesis es la comparación de dos métodos tecnológicos de obtención de miel de yacón (a presión atmosférica y presión de vacío), se basa en determinar al método de concentración a presión a vacío, para el proceso de obtención de miel de yacón, debido a que este método tecnológico podría ser mas adecuado, por la exposición del producto a moderadas temperaturas, a su vez para obtener un mejor rendimiento de Fructooligosacáridos (FOS).

Del punto de vista tecnológico se pueden aplicar dos métodos para obtener una miel de yacón. El primero empleando una concentración a presión atmosférica similar a la fabricación de mermeladas y la segunda por concentración a presión a vacío. Para la comparación y evaluación de los dos métodos nos basaremos en los análisis fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y contenido de Fructooligosacáridos (FOS).

También se realizarán balances de materia y energía en los dos procesos tecnológicos de obtención de miel de yacón, para poder determinar sus rendimientos y a la vez hacer un estudio económico comparativo y así determinar el empleo del método tecnológico más adecuado.



## 3.0 ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.

El primer registro escrito sobre el Yacón, aparece con Bernabé Cobo en 1633 y se refiere a que se consume como fruta cruda que mejora su sabor si se expone al sol y al hecho de que dura muchos días después de ser cosechada, sin malograrse; por el contrario se vuelve más agradable (6). Por su parte Yacovleff (1933) dice que yacón se encuentra en casi todos los fardos funerarios de Paracas. También se han encontrado diseños de sus raíces en pinturas de Nazca Embrionaria.

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*), “poire de terre” o yacón strawberry, como también se le conoce en francés e inglés, respectivamente, es una raíz de origen andino, que permaneció oculta del mercado urbano por casi 500 años, pertenece a la familia del girasol, crece en los valles cálidos desde Ecuador hasta el noroeste de Argentina, pero el mayor número de variedades y usos se da en el Perú, que produce raíces comestibles de pulpa crema o amarillo-naranja y algunas con estrías de color púrpura, muy jugoso y con un leve sabor a sandía. (10)

A diferencia de otras raíces y tubérculos que almacenan sus carbohidratos en forma de almidón, el yacón los conserva principalmente en forma de fructanos e inulina, un polímero conformado principalmente de fructosa y glucosa. Los primeros análisis en laboratorio (con ratas), señalan que el consumo sistemático de fructanos disminuye significativamente el nivel de triglicéridos en la sangre (12).

Los estudios en nuestro país; solo se pudo obtener como información bibliográfica

dos tesis (10) (20) y un informe publicado por el Centro Internacional de la Papa (9).

Con respecto a la miel de yacón, esta se encuentra industrializada en cierta medida, por parte de compañías peruanas como los Laboratorios Kaita y Santa Natura. Se puede observar que en sus etiquetas de estos productos no se muestra el fundamento científico (Análisis de contenido de Fructooligosacáridos), ya que solo se muestra análisis fisicoquímicos, los cuales no son un sustento de las bondades del producto en mención.

## 4.0 IMPORTANCIA, JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

La evidencia científica de los últimos quince años ha demostrado que los FOS pueden tener propiedades beneficiosas para la salud. Así, se ha reportado que podrían reducir el nivel de lípidos en la sangre, incrementar la asimilación de calcio en los huesos, reducir el riesgo de desarrollar cáncer de colon, fortalecer la respuesta del sistema inmunológico y contribuir a generar un balance saludable de la microflora intestinal. Sin embargo, estas propiedades hasta el momento solo han sido demostradas fehacientemente con animales de laboratorio, faltando aun corroborarlas con estudios en humanos. (21)

Un tema que despierta particular interés es el efecto del yacón sobre la diabetes mellitus. En numerosos medios de comunicación como la radio y la televisión, se publicita de manera ligera, que el yacón cura la diabetes. Nada puede ocasionar mas daño al prestigio y al futuro promisorio de una planta que recién incursiona en el mercado que el manejo de una imagen que podría ser falsa.

Por otro lado, estudios realizados en las universidades de Minnesota (Estados Unidos) y Ulster (Reino Unido) arrojan indicios de que los Fructooligosacáridos favorecen el desarrollo de gérmenes benéficos que forman parte de la flora intestinal del ser humano, frenando el crecimiento de microorganismos perjudiciales y reduciendo la población de bacterias que producen sustancias tóxicas en el colon. (13)

En una investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Ricardo Palma el cual se titula SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS (LLACÓN O YACÓN) EN EL

TRATAMIENTO DE HIPERLIPOPROTEINEMIAS E HIPERCOLESTEROLEMIA INDUCIDAS EN RATAS ALBINAS se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El yacón presenta abundante extracto libre de nitrógeno (ELN) el cual llega a 81,86 %; el cual viene a representar a los azúcares y almidones que conforman la muestra de un alimento; que en el caso del yacón, esto es importante porque precisamente es por la presencia de sus Oligofructanos (inulina) que el producto es apreciado para su utilización por parte de los enfermos de diabetes.

- En lo que respecta al propósito en si de la investigación, que es el determinar si el yacón tiene alguna acción sobre los niveles del perfil lipídico (hiperlipoproteinemia e hipercolesterolemia) podemos afirmar que tiene una acción reductora sobre dichos niveles.

- El nivel sanguíneo de colesterol total en condiciones basales para las ratas albinas fue de 86,66 mg/ dl; éste fue elevado con la dieta con hígado de res y yema de huevo (durante dos semanas) hasta 188,88 mg/dl; y luego de administrarle el yacón durante dos semanas se redujo hasta 85,33 mg/dl.

- Lo mismo sucedió con las lipoproteínas de baja densidad (LDL) las cuales tuvieron un valor basal de 36,05 mg/dl; con la dieta grasa se elevó hasta 123,95 mg/dl; para que finalmente con la dieta con yacón bajara hasta valores de 62,98 mg/dl.

- En lo que corresponde a los triglicéridos; éstos tuvieron un valor sanguíneo basal de 166,66 mg/dl; con la dieta grasa se llevaron hasta 181,81 mg/dl; para posteriormente con la dieta con yacón se redujo hasta 36,36 mg/dl.

En un estudio de investigación reciente, realizado por el Laboratorio Rosciany S.R.L, conjuntamente con el Dr. Carlos Calmett (CMP 21362), se viene realizando estudios en pacientes diabéticos en su consultorio Jr. Virrey Manuel Guirior 887. Pueblo Libre Lima – Perú. Las pruebas realizadas constan de los siguientes puntos:

La administración por vía oral de 50 gramos de Miel de Yacón, previamente se controla su glicemia por medio del método glucómetro y pos-administración a las dos horas con los siguientes resultados:

- Buena aceptación del producto y tolerancia oral.
- No elevó la glicemia basal a las dos horas pos-administración.
- En 80% de pacientes disminuyó el valor nasal.

De acuerdo al análisis del Dr. Calmett, se puede recomendar Miel de Yacón para los posibles consumidores que adolecen de:

- Diabetes Mellitus.
- Obesidad
- Infecciones gastrointestinales
- Cáncer de Colon
- Estreñimiento
- Sistema Inmunológico

Se sabe que dosis elevadas de consumo de FOS ocasionan flatulencia, presión abdominal y diarrea. Sin embargo la mayoría de estudios científicos concuerdan en que dosis inferiores a 20 g FOS/día no desencadenan estos efectos colaterales indeseables. Por regla general se asume que el consumo diario de FOS no debe exceder de 0,3 y 0,4 g por cada kilogramo de peso corporal en hombres y mujeres, respectivamente. Dosis superiores a 20 g de FOS/día pueden producir flatulencia y presión abdominal, y dosis por encima de 50 g frecuentemente ocasionan diarrea. (7)

Asumiendo que los FOS representan el 50% de la composición química de la miel de yacón, se podría recomendar una dosis máxima de consumo de 50 g de miel/día, sin correr gran riesgo de sufrir cualquier efecto secundario indeseado asociado al consumo de FOS. Obviamente, la dosis de consumo de miel de yacón puede ser mayor cuando la concentración de FOS en la miel es menor, por ello en el etiquetado del envase debería especificarse la concentración de FOS en la miel.

Es necesario realizar estudios adicionales para determinar dosis de consumo a largo plazo.

Finalmente se ha reportado que las raíces y la miel tienen un efecto significativo en la reducción de los niveles de glucosa en la sangre en personas clínicamente sanas y en personas con diabetes tipo 2 (3). Estas evidencias son reforzadas con resultados similares obtenidos en animales de laboratorio a los que se les indujo diabetes (12).

Como consecuencia de la revisión de literatura y otras investigaciones, se puede mencionar que resulta prematuro afirmar que la miel de yacón sea beneficiosa para el control de la diabetes y demás bondades atribuidas, hay un camino que se ha abierto para la investigación en este campo que pronto podría dar las evidencias definitivas que se necesitan para recomendar su consumo.

Durante la revisión de literatura consultada para la elaboración de la presente tesis no se ha podido encontrar ningún reporte sobre efectos de toxicidad asociados al consumo de FOS.

No existen razones fundadas para sospechar que el consumo de la miel de yacón genere reacciones alérgicas o cierto tipo de toxicidad. Por el contrario, desde hace varios siglos las raíces frescas de yacón son consumidas en forma abundante por los pobladores alto andinos para mitigarlas y nunca se ha hecho referencia a un tipo de reacción nociva, tóxica o alérgica (26).





## 5.0 FUNDAMENTO DEL ESTUDIO.

La denominación miel se da, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 209.168 – 1999 de INDECOPI - Perú.

El fundamento para la elaboración de miel es sencillo, consiste en extraer el jugo de las raíces y elevar la concentración de azúcares de las mismas hasta alcanzar un valor de 74° Brix en el producto terminado. Dado que la concentración de azúcares en las raíces de yacónes por lo general entre 8 y 12°Brix, se requiere evaporar bastante agua (de 6 a 10 litros de agua/kg de miel), para alcanzar la concentración final de azúcares que requiere la miel. En los diagramas de flujo (Págs. 51 y 60), tiene resumida la secuencia de eventos requeridos para elaborar la miel de yacón.

La selección de la materia prima se realiza a través de la medición del índice de refracción del jugo de yacón (utilizando un refractómetro). Este método, es rápido, sencillo y económico, permite seleccionar entre varios cultivares o lotes de yacón, aquellos que tienen un mayor contenido de FOS.

El lavado y la desinfección tienen como objetivo disminuir la carga microbiana de la materia prima que va a ingresar a la línea de procesamiento. El lavado consiste en eliminar, con la ayuda de abundante agua, la mayor cantidad de tierra y materia orgánica adherida a la superficie de las raíces. Realizar un buen lavado es muy importante ya que estos residuos disminuyen la capacidad de esterilización del agente desinfectante.

Las raíces lavadas y desinfectadas podrían ingresar directamente a la línea de procesamiento. Sin embargo, la cáscara tiene componentes especiales (polifenoles), que

afectan negativamente la calidad de la miel. En los tejidos de la cáscara se concentra la mayor cantidad de los componentes responsables del pardeamiento del jugo; además, existen resinas y sustancias que transfieren un sabor poco agradable y ligeramente picante al producto final. Por ello, un pelado exhaustivo es esencial para obtener un producto de buena calidad.

En el yacón, el pardeamiento enzimático, se activa a los pocos segundos de haber triturado las raíces para obtener el jugo, debido a su alto contenido de polifenoloxidasas. El color original del jugo de yacón (de color amarillo) cambia rápidamente en sólo 10 a 15 segundos, y de modo irreversible, a un color verde muy oscuro (verde petróleo). La mejor manera de evitar que la miel tenga un color muy oscuro al final del proceso es evitando que las reacciones de pardeamiento enzimático ocurran, o que éstas se desarrollen muy lentamente. Una forma de lograr ello es extrayendo el jugo del modo más rápido que sea posible o inmediatamente usar un tipo de agente normalmente un antioxidante para prevenir la oxidación y el pardeamiento enzimático del jugo.

El objetivo de la filtración es eliminar la mayor cantidad de residuos sólidos insolubles en el producto final. Estos residuos tienden a sedimentarse en el producto envasado y dan una apariencia turbia, opaca y poca atractiva a la miel.

La evaporación es un proceso que asegura la degradación parcial de ciertos componentes presentes en el jugo de yacón, los cuales otorgan un sabor característico y no muy agradable, al producto final.

Por otro lado, la evaporación promueve una pequeña tasa de caramelización de los azúcares lo que ayuda a enmascarar el sabor de las sustancias poco agradables que están presentes en la miel. Así, la ebullición del jugo ayuda a transferir al producto final un sabor agradable, diferente al sabor de la miel obtenida en equipos muy sofisticados que usan temperaturas muy por debajo del punto de ebullición como el concentrador al vacío.

En cuanto al contenido de FOS, la calidad de la miel de yacón obtenida por un proceso de evaporación, no es inferior a la calidad de otras mieles obtenidas en equipos más modernos, ya que la evaporación del jugo no tiene efecto en la estructura química de los FOS. Los FOS son azúcares que comienzan a despolimerizarse (proceso de conversión en azúcares simples) a temperaturas superiores a 120°C. (8)

## **5.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general del presente trabajo es: Comparar dos métodos tecnológicos; en un Concentrador a Presión de Vacío y en una Marmita a Presión Atmosférica en la Obtención de Miel de Yacón (*Smallanthus Sonchifolius*).

## 5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Seleccionar una variedad de materia prima de yacón (°Brix y Textura), para optimizar el proceso de concentrado de yacón.

Analizar cuantitativamente los Fructooligosacáridos(FOS) en la miel de yacón en presión atmosférica y a presión a vacío, respectivamente.

Comparar las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y el rendimiento de la miel de yacón obtenida, en los dos procedimientos tecnológicos.

Determinar el proceso óptimo para la obtención de miel de yacón.



## 6.0 GENERALIDADES.

### 6.1- EL YACÓN (SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS)

EL YACÓN es un pariente lejano del girasol. Sus raíces comestibles, las cuales son dulces y bajas en calor ías, se pueden comen crudas. El Yacón es el nombre con el que se conoce comúnmente a la planta y a su raíz. A pesar de que el yacón es una raíz originaria de los Andes y es consumida desde la época preincaica, no ha llegado a tener la trascendencia de otros cultivos andinos como la papa y el camote.

Su cultivo ha sido relegado por mucho tiempo para la subsistencia de los agricultores pobres, principalmente para el autoconsumo y la comercialización eventual en ferias campesinas rurales. Sin embargo, debido a que recién se comienzan a conocer sus efectos promisorios en la salud, desde hace un par de años el yacón ha llegado a los mercados de las ciudades y han comenzado a desarrollarse actividades comerciales en torno a su cultivo y a su procesamiento.

El Perú es centro de origen de muchas raíces reservantes y tubérculos, especies domesticadas por las culturas Pre-incas quechuas y aymaras. Justamente por este motivo fueron bautizados en su idioma materno quechua o aymara. Los nombres de los clones y sus familias del yacón se encuentran por el color de los tallos, las ramas, las raíces reservantes y la pulpa de las mismas. El centro de origen primario del yacón

probablemente se encuentra en el sur del país o en las fronteras de Huancavelica y Ayacucho donde los lugareños nombran a las raíces con nombres Runa Simy. (20)

Yurak ayllu yacón (clones blancos).

Cully ayllu yacón (clones morados).

chekche ayllu yacón (clones jaspeados, moteados).

Kello ayllu yacón (clones amarillos).

Puka ayllu yacón (clones rojizos).

Llankha ayllu yacón (clones rosados).

Allka ayllu yacón (clones manchados).

Taxonómicamente esta clasificado dentro de las Asteraceas, una familia a la que pertenece también la Achicoria (*Cichorium Intybus*). Estas especies acumulan en sus órganos de reserva un tipo de fructano similar a los FOS, pero de mayor grado de polimerización, denominado Inulina. (27)

El hábitat natural del yacón es la zona de los Andes comprendida entre los 800 y 2800m.s.n.m., en latitudes tropicales (0 – 24°C) y regímenes de temperatura característicos de climas templados y subtropicales. Sin embargo, debido a su gran capacidad de adaptación y aparente insensibilidad al fotoperiodo se cultiva también en muchas otras partes del mundo: Argentina, Brasil, Bolivia, China, Corea, Estados Unidos, Italia, Japón, Nueva Zelanda, República Checa, Rusia y Taiwán. La prolongada duración del cultivo, superior a 180 días y su susceptibilidad a heladas, que destruyen las partes aéreas de la planta, limitan su distribución latitudinal.

La planta puede alcanzar entre 1,5 a 2,5 metros de altura. Sus hojas por lo general son triangulares o acorazadas y tienen un tamaño que alcanza fácilmente los 30cm de longitud. En Japón, Brasil y recientemente en el Perú, se usan las hojas secas para preparar un tipo de infusión (té de yacón) que es recomendado para controlar el nivel de glucosa en la sangre en personas con diabetes. Sin embargo, este efecto favorable solo ha sido observado hasta ahora en estudios realizados con animales de laboratorio (24).

En el Perú, el yacón se puede sembrar durante todo el año, sobre todo en lugares con riego y sin ocurrencia de heladas. Sin embargo, debido a que la mayoría de tierras en las zonas alto andinas son aptas solo para una agricultura de secano. En las zonas templadas y relativamente lluviosas como por ejemplo la selva alta, la siembra se puede iniciar en cualquier época del año.

Aparte de las raíces reservantes, las cuales no sirven para la propagación, el yacón forma un rizoma carnoso y ramificado llamado “cepa” en cuya superficie se desarrolla un abundante numero de yemas. Una cepa madura puede ser dividida entre 10 a 20 partes o propágulos, los cuales se usan tradicionalmente como semilla para sembrar el yacón. Cada propágulo puede contener entre 3 a 5 yemas de las cuales salen los brotes que formaran los tallos principales de la planta. Otras formas de propagación recientemente estudiadas y que tienen éxito son las estacas y los nudos de los tallos.

La cosecha del yacón se hace entre los 6 y 12 meses después de la siembra. Los factores que mayor incidencia tiene en la duración del periodo de cultivo son la localidad

y la altura. Por ejemplo, en el Perú, en la provincia de Oxapampa (1800m.s.n.m) la cosecha se hace a los 6 meses, en la provincia de Sandia (2200m.s.n.m) es a los 8 meses, mientras que en otras localidades más altas, como Cajamarca (2700m.s.n.m) y Huancayo (2800m.s.n.m), es a los 10 meses o más.

El rendimiento de yacón por hectárea de cultivo es entre 20 y 40 toneladas. Obviamente, la localidad y el cultivar juegan un rol importante en las variaciones del rendimiento. Sin embargo, con un buen manejo agronómico y el empleo de fertilizantes y semillas de buena calidad se pueden alcanzar rendimientos superiores. En Cajamarca se logran con cierta facilidad rendimientos por encima de las 50 t/ha, mientras que en Sao Paulo, Brasil, se han conseguido rendimientos por encima de las 60 t/ha utilizando fertilizantes minerales.

En la actualidad, el yacón se siembra con fines comerciales en casi todos los departamentos del Perú. Sin embargo, hasta hace cinco años se cultivaba solo para el autoconsumo o para su comercialización en ferias campesinas rurales. La repentina demanda por el yacón ha ocurrido recientemente debido a que ha ganado popularidad como un alimento funcional. (10)

#### OTROS COMPUESTOS QUÍMICOS IMPORTANTES DEL YACON

En comparación a otras raíces y tubérculos, las raíces del yacón tienen una alta cantidad de polifenoles, alrededor de 200mg/100g de materia fresca comestible. Los polifenoles más abundantes son el ácido clorogénico y al menos cuatro fenoles solubles derivados del ácido caféico. Otros compuestos reportados con actividad antioxidantes son el triptófano, la quercetina, el ácido ferúlico y el ácido gálico (27). Aunque la concentración de polifenoles en las raíces es alta, su concentración es mucho mayor en otros órganos de la planta, como las hojas y la cepa.

Los polifenoles son compuestos químicos que tienen actividad antioxidante, es decir tiene la capacidad de neutralizar la actividad oxidante de las moléculas inestables (conocidas como radicales libres) que ingresan a nuestro cuerpo como contaminantes externos (humo de cigarro, contaminación ambiental, etc.). Los radicales libres dañan las membranas de nuestras células, llegando a destruir y mutar su información genética, facilitando así el camino para que desarrollen diversos tipos de enfermedades, como el cáncer y algunas enfermedades degenerativas.

Algunos estudios han demostrado que la infusión de hojas de yacón ayuda a reducir el nivel de glucosa en la sangre en ratas normales y diabéticas (5). Sin embargo, se desconoce el componente químico responsable de este efecto y si este se encuentra también en las raíces. Aunque el sentido común indica que los FOS podrían tener alguna relación con este efecto, es poco probable que sea así ya que su concentración en las hojas es demasiado baja.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS RAÍCES.

La forma y el tamaño de la raíz reservante del yacón se parece mucho a ciertos cultivares de camote, a tal punto que la similitud de las dos especies puede generar fácilmente confusiones a primera vista. La forma varía entre esférico a abobado y muy alargados, a menudo con formas contorsionadas que dificultan mucho el pelado e

incrementan el costo del procesamiento. La superficie puede ser lisa, con hendiduras longitudinales y constricciones transversales. Algunos cultivares de yacón tienen tendencia a formar un mayor número de raíces lisas y simétricas que otros.

Las raíces tienen una cáscara bastante delgada y muy adherida a la pulpa. Esta puede tener una tonalidad cremosa, amarilla o anaranjada, a veces con jaspes morados. Los tejidos internos de las raíces son muy blandos debido a que acumulan una cantidad bastante alta de agua (alrededor de 90% del peso fresco de las raíces), característica que las predispone a sufrir rajaduras o a romperse fácilmente durante la cosecha, el embalaje y el transporte.

El peso de la raíz es altamente variable: dentro de una misma planta puede diferir entre 50 y 1000g, aunque por lo general varía entre 200 y 500g, normalmente una planta produce entre 2 y 3 kg de raíces, pero es probable que su rendimiento supere los 5 kg si se aplican prácticas culturales apropiadas, como el uso de fertilizantes, riego adecuado, control de plagas y enfermedades, entre otras. En varios ensayos experimentales se ha conseguido, con cierta frecuencia, rendimientos superiores a los 10 kg por planta.

#### **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Entre 85 a 90% del peso fresco de las raíces de yacón se encuentra en forma de agua. A diferencia de la mayoría de raíces comestibles, el yacón no almacena almidón, sino que acumula sus carbohidratos en forma de fructooligosacáridos (FOS) y azúcares libres (fructosa, glucosa y sacarosa). Aunque la proporción de cada azúcar puede variar mucho, se puede considerar la siguiente composición (en base seca): FOS 40 a 70%, sacarosa 5 a 15%, fructosa 5 a 15% y glucosa menos del 5%. Las proteínas y los lípidos se encuentran en pequeñas cantidades, representado de 2,4 a 4,3% y 0,14 a 0,43% del peso de la materia seca, respectivamente (14). Sin embargo, la composición relativa de los diferentes azúcares varía significativamente debido a diferentes factores como el cultivar, la época de siembra, cosecha, tiempo y temperatura de poscosecha, entre otros.

El mineral más abundante es el potasio, en promedio 230mg/100g de materia fresca comestible. En mucha menor cantidad se encuentran el calcio, fósforo, magnesio, sodio y hierro.

**Composición química promedio de 10 entradas de yacón procedentes de Perú, Bolivia, Ecuador y Argentina (con relación a 1kg de materia de raíz fresca).**



Variable	Promedio(g)	Rango(g)
Materia Seca	115	98 – 136
Carbohidratos Totales	106	89 – 127
Fructanos	62	31 – 89
Glucosa libre	3,4	2,3 – 5,9
Fructosa libre	8,5	3,9 – 21,1
Sacarosa libre	14	10 – 19
Proteína	3,7	2,7 – 4,9
Fibra	3,6	3,1 – 4,1
Lípidos	244	112 – 464
Calcio	87	56 – 131
Fósforo	200	182 – 309
Potasio	282	184 - 294

FUENTE: (14)

#### MANEJO AGRONÓMICO

El manejo integrado de toda la especie vegetal recomienda proporcionar todas las condiciones adecuadas para la emergencia, crecimiento y desarrollo (29), según los referimos el manejo agronómico comprende:

##### *a . El suelo y su preparación*

Como en el yacón, las raíces reservantes son el objetivo principal, hay que seleccionar preferentemente el suelo para la siembra. Recomiendan ser bastante profundos (25 – 35 cm), bastante suelto (para no deformar las raíces) y orgánicos. Como no se recomienda hacer aporte en esta especie, la preparación del suelo debería ser profunda para cubrir la corona o disco donde se forman los hijuelos o cornos. La preparación, el yacón se adapta bien a diferentes suelos; especialmente a los francos arenosos y con pH al neutro. Deben tener poca predregocidad para evitar la malformación de las raíces.

La preparación del suelo debe ser oportuna en suelos limpios, sin piedras, con humedad a punto y nivelado, porque recibirá riego en algún momento de su crecimiento desarrollo.

La preparación del suelo se puede hacer a mano más un implemento agrícola como chaquitacla (barbecho) o pico, barreno, etc., en época cercana a la siembra.

Con yunta de bueyes, con caballos; enganchando un arado de reja. En forma semi-mecanizado (tractor agrícola) que se le engancha un implemento. Esto generalmente en terrenos mecanizables de la sierra o costa. En la preparación del suelo semi-mecanizada hay que empezar pasando el arado en suelo limpio, con humedad a punto y profundo (30 cm). Seguidamente se pasa la rastra de puntas para desterronar y retirar del campo los restos de rastros o malezas. Luego se pasa la grada pesada (tandem) para seguir con el mullimiento, cortar e incorporar abonos verdes y nivelar el terreno, tantas veces como se crea conveniente. Se termina o remata con el surcado, previa determinación de la densidad de siembra; operación que se ejecuta un día anterior

o el mismo de la plantación.

**b. SEMILLA**

Para la producción comercial generalmente se utiliza en la plantación semilla asexual o vegetativa en cualquiera de sus formas. Por hijuelos, brotes o propágulos que son separados de la corona o disco después de la cosecha cuando las plantas alcanzan plena madurez. Los hijuelos se separan de la corona con cuchillos afilados y desinfectados (asépticos).

Los esquejes del tallo están formados de: nudos, yema auxiliar, estipulas, parte de la hoja y partes del tallo. Se tienen que cortar de plantas y poner o plantar en las camas de enraizamiento para luego proceder al transplante.

Es bastante trabajoso y caro conseguir semilla de yacón para la primera campaña comercial, porque se requiere en por medio 10 a 12 mil propágulos – hijuelos/ha. Una planta madura manejada como semillero dará 20-40 y hasta hijuelos-cepas.

**c. ABONOS Y FERTILIZACIÓN**

Generalmente se produce yacón en suelos con abonamiento orgánico (estiércoles) por sus cualidades o funciones para con el suelo y la especie cultivada. Si el suelo es pobre en fertilidad se recomienda de 5 a 8 toneladas de materia orgánica seca en forma localizada a los surcos en el momento de la plantación; esto en cualquiera de las formas o surco corrido o en golpes entre hijuelo a hijuelo. La fertilización inorgánica se basa en el análisis de fertilidad que previamente se determina al suelo. La mezcla del NPK(Nitrógeno, fósforo y potasio), se incorpora en la plantación, en su totalidad y ya no se aporta, otros aplican el 100% de PK a la plantación y el N desdoblado en 50% a la plantación y el 50% restante al cambio de surco.

Nivel de fertilización medio alto 110 110 100

Nivel de fertilización medio bajo 80 80 60

**d. PLANTACIÓN**

La plantación se puede efectuar en cualquier terreno no heladizo, preferentemente en valles interandinos cálidos y en la selva alta. Estas condiciones climáticas facilitan el manejo continuo de esta especie perenne, plantando y cosechando todo el año y en forma escalonada. En algunas zonas agrícolas suelen plantar en los meses de agosto para ayuda o combinar el periodo vegetativo con riegos y las lluvias.

La densidad de la plantación utilizada es bastante variable, dependiendo del clon, del clima y la orientación del uso.

Distanciamiento entre surcos de: 90 – 120 cm

Distanciamiento entre plantas: 90 – 120 cm

El distanciamiento entre plantas puede ser más variable entre 60 – 80 – 100cm, con esto podemos tener mayor número de plantas y mayor rendimiento. La plantación la podemos efectuar colocando los hijuelos (propágulos) en el lomo del camellón, en el costillar del surco y en el fondo del surco. La forma de plantación más utilizada es la indirecta con hijuelos enraizados asexual) previamente en camas o bolsas de

enraizamiento cumpliendo el siguiente paso:

Terreno preparado con surco profundo

Se hacen los hoyos a la densidad (distanciamiento) previamente determinados. En el hoyo se coloca la plántula enraizada con cuidado juntamente presionando tierra al pie de la misma. Aplicación entre planta y planta la mezcla de abonos orgánicos más inorgánicos y taparlos bien. Si las condiciones lo permiten, darle un riego pequeño.

#### e. RIEGOS

La raíz reservante fresca contiene 70 – 92% de agua y su nombre es sinónimo de agua, por lo tanto esta especie requiere del líquido elemento para completar normalmente su periodo vegetativo, con humedad adecuada la planta alcanza desarrollo óptimo con temperaturas en los 18 – 30° C, (R. Blas - 2003). Los riegos deben ser ligeros y la frecuencia deberá estar determinada por el tamaño de la planta, la textura del suelo, la estación del año (clima), etc. Sin embargo el yacón es bastante tolerante a periodos de sequía; el exceso de agua es negativo porque:

- Puede provocar enviciamiento.
- Puede afectar las raíces reservantes con pudriciones o deficiencias fisiológicas (rajaduras).

La plantación de yacón en la costa requiere de riegos frecuentes y ligeros, se requiere el uso del agua desde la preparación del terreno hasta la cosecha o arrancado; como son:

- Riego de machaco.- para la preparación del suelo.
- Riego de enseño.- primer riego ligero después de la plantación.
- Riegos de crecimiento.- estos son ligeros y frecuentes, pueden ser 5 ó 6 primeros meses dependiendo de los factores.
- Riegos de desarrollo.- deben ser más distanciados y pesados porque el campo presenta el 100% de cobertura (o sombramiento). Es común notar en la etapa de desarrollo entre cruzamiento de ramas o tallo caídos y también empiezan a caer hojas del tercio inferior de las plantas.

Los síntomas de marchites permanente o muestreo del suelo nos indican el momento de efectuar el riego. Las plantaciones de yacón en valles interandinos reciben agua de riego y se complementa con las lluvias. Las plantaciones se efectúan en los meses de septiembre – octubre de manera que necesitarán riegos para:

- Riego de machaco, para la preparación del terreno.
- Riego de enseño, para después de la plantación.
- Riego de crecimiento, puede ser uno o dos.
- Riego pre-aporque; con desmalezamiento y abonamiento.
- Riego post-aporque; que coincide con el inicio de las lluvias que duran hasta mediados de abril del próximo año con buena humedad.

Si las condiciones lo requieren se pueden aplicar después de las lluvias los riegos de desarrollo hasta la época de cosecha (junio - julio).

#### *f. MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES*

En el crecimiento y desarrollo del yacón son muchas las plagas y enfermedades que se presentan, por el grado de daño que producen se clasifican en ordenes de primero, segundo grado, etc. Se reporta mayor incidencia de plagas y enfermedades en la costa (verano) que en los valles interandinos o la selva hasta la fecha.

#### *PLAGAS*

Especies pertenecientes a los insectos, ácaros, crustáceos, moluscos y nemátodos atacan las plantaciones de yacón. De ellos sobresalen los insectos y nematodo en Costa. (U. García-03).

##### *Plagas masticadoras*

Mastican tejidos en el follaje, el tallo y las raíces reservantes. Las principales son:

- Gusano medidor (*Pseudoplusia* sp)
- Oruga minadora de hojas (*gracillariidae*)
- Oruga barrenadota de brotes, botones y flores (*hetiothis virescens*)
- Mosca minadora (*Amauromyza maculosa*)
- Plagas Picadoras – chupadoras
- mosca blanca (*Hemisia* spp)
- Arañita roja (*tetranychus urticae*)

#### *CONTROL*

- Control cultural.
- Usar semillas de calidad y tratadas.
- Eliminación de rastrojos o partes caídas de la planta.
- Deshierbos y riegos pesados.
- Alta materia orgánica.
- Trampas de luz y cebos.
- Control Biológico.
- Predadores y parásitos de los géneros.
- Polistes, ácaros, batacios y pájaros.
- Taquinidas, braconidas, icneumonidas, calcididas.

#### *ENFERMEDADES*

La ampliación de la frontera agrícola del yacón hace que se incrementen las plagas (costa) y las enfermedades con mayor o menor agresividad; las más conocidas son:

- Las manchas foliares, producidas por los hongos, cuando la alta humedad del

ambiente crea las condiciones.

- Alternaria alternata
- Alternaria tenuis (citado por W. Pérez B.- 2003)
- Sclerotinia sclerotiorum
- Fusarium sp

Enfermedades bacterianas – donde se nota puntos o manchas acuosas, en el sistema radicular como en los brotes, aparecen en los tallos produciendo caída del mismo.

Enfermedades virosicas o degenerativa

Cucumber mosaic virus (CMV) reportado por Chuquillanqui et al –2002

#### **CONTROL DE LAS ENFERMEDADES**

- Control cultural.
- Buena aradura y campo limpio.
- Rotación de cultivos.
- Semillas de calidad y tratados.
- Clones tolerantes.

#### **g. LABORES COMPLEMENTARIAS**

Para hacer una especie vegetal más rentable por su productividad y calidad, hay que programar con antelación todas las actividades como en este caso que iremos enumerando; estas labores son importantes por mejorar el acabado de otras labores.

1.- Champeo.- Labor complementaria que consiste en la limpieza del canal principal y de derivación para mejorar la eficiencia de conducción.

2.- Tomeo.- consiste en la construcción de adecuadas acequias de cabecera y distribución para darle el riego de enseño o primer riego después de la plantación.

3.- Segunda fertilización nitrogenada.- consiste en incorporar al suelo 50% de fertilización nitrogenada previo el aporque o en hoyos junto a las plantas cuando estas tienen 30 – 40 cm. de altura.

4.- Cultivo o pasada de la cultivadora (rastra).- puede ser la rastra de puntas flexibles o rígidas para romper los camellones creando las condiciones para un adecuado aporque, con humedad a punto del suelo.

5.- Podas o Desmoches.- Cuando se nota enviciamiento en el crecimiento de tallos principales por el abuso de riegos o fertilizantes.

6.- Muestreos.- Operación que consiste en cosechar algunas plantas al azar a partir del sexto o séptimo mes para determinar.

- Peso total de raíces reservantes.

- Clasificación de las raíces en dos categorías primera y chanco o descarte, por su tamaño y sanidad.

7.- Sanidad.- Observar bien determinando posibles ataques de plagas o enfermedades

8.- Desapoque.- Operación que consiste en retirar o separar las raíces reservantes del suelo para hacer buena labora de recojo o cosecha. Operación contraria al aporque y más fácil de ejecutar.

#### *h. COSECHA*

Es una labor principal que consiste en recoger y retirar del campo las raíces reservantes por ser el objetivo principal del manejo. Se ejecuta esta labor cuando las plantas alcanzan su plena madurez, indicando por la turgencia y el color característico del clon. Llega la época de cosecha cuando el campo sufre amarillamiento uniforme y generalizado del follaje de abajo hacia arriba, también resquebrajamiento del camellón por el desarrollo de las raíces reservantes y la corona. Se procede a la cosecha a los 8 a 10 meses de la plantación. Por las condiciones ambientales especialmente la climática, en general en nuestro país se puede cosechar todo el año; cuando se ha programado y ejecutado plantaciones escalonadas. Las etapas de la cosecha son las siguientes:

Que las plantas estén maduras (8 a 10 meses)

- Cortar el tallo y follaje a 15 a 20 cm. por encima del cuello de la planta para utilizarlo como propágulos por esquejes, como forraje o para los filtrantes.

- Desapoque, a mano mas la ayuda de un implemento retirando la tierra por encima de la corona y las raíces reservantes. Ejecutar con mucho cuidado para no dañar los rizomas o cornos.

- Con la ayuda del barreno o trinche proceder la cosecha sacando enteras las raíces reservantes.

#### *i. POST COSECHA Y ALMACENAMIENTO*

Generalmente esta especie no se almacena porque las raíces reservantes son muy perecibles. Lo que se practica es exponer al sol 10 a 15 días para que las raíces tengan mayor concentración de azúcares.

Se pueden seleccionar las raíces por 5 a 7 días en refrigeración. Se notan en las partes almacenadas deshidratación y arrugas en la cáscara. Para ser almacenado ninguna raíz debe presentar deterioro, esto provoca oxidación acelerada. (29)

## **6.2- PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES.**

### *Alimentos Funcionales*

Son todos los productos potencialmente saludables, en los que se incluye cualquier alimento o ingrediente alimenticio, modificado o no, que pueda proporcionar un efecto benéfico en la salud. Son cinco las posibilidades para que un alimento sea transformado

en funcional o incremente su funcionalidad:

- Adición o suplemento de un alimento con sustancias o ingredientes con efectos benéficos: Ej. Antioxidantes no vitamínicos, prebióticos (fructooligosacáridos).
- Sustitución de las sustancias con efectos negativos por otras con efectos benéficos; por ejemplo grasa animal por grasa vegetal.
- Eliminación de componentes que pueden tener efectos negativos en la salud de los consumidores, por ejemplo proteínas alergénicas.
- Incrementando la concentración de un componente naturalmente presente y que tiene efectos benéficos en la salud, por ejemplo fortificación con un micronutriente, aumentar la concentración de fibra alimentaria benéfica.
- Aumentar la biodisponibilidad o estabilidad de un componente para producir efectos funcionales-benéficos. (22)

Entre sus propiedades funcionales ayudan a regular el tránsito intestinal.

Puede recomendarse el consumo de yacón para un control de los lípidos sanguíneos, especialmente del colesterol y triglicéridos. Sin embargo consideramos que sería importante poder comprobarlo experimentalmente con personas o pacientes con problemas con hiperlipidemias e hipercolesterolemias. (1)

Si bien se han realizado pocos estudios científicos sobre las propiedades del yacón, existe abundante literatura científica detallada sobre los efectos de los FOS en la salud (3). Tomando como referencia estas publicaciones podemos enumerar una lista de las potenciales propiedades y atributos de la miel de yacón:

Debido a su reducida contribución calórica al organismo humano (hasta 40 ó 50% menos calorías que la miel de abejas), el consumo de miel de yacón puede ser recomendado a personas que desean bajar de peso y a personas con problemas de sobrepeso y obesidad. (11)

El alto contenido de FOS en la miel de yacón asegura una mejor salud del tracto gastrointestinal. Los FOS tienen un efecto bifidogénico, es decir estimulan la proliferación de las bifidobacterias, grupo de bacterias benéficas del colon que han sido asociadas con varios procesos fisiológicos que redundan en una mejor salud del organismo. (21)

Las bacterias formadoras de caries dentales son incapaces de metabolizar los FOS, por ello el consumo de miel de yacón en comparación a la mayoría de edulcorantes ayuda a reducir el riesgo de formación de caries en los dientes.

Fisiológicamente los FOS tienen un comportamiento de fibra soluble y además son capaces de generar una respuesta laxante en el organismo, por lo tanto la miel de yacón podría ayudara prevenir y aliviar problemas de estreñimiento. (28)

Si bien falta aún reunir evidencia científica sobre el efecto real de los FOS en la salud humana, cada vez existen mayores indicios que señalan que su consumo es bueno para: mejorar la asimilación de calcio, ácido fólico o ciertas vitaminas del complejo B; el nivel de colesterol y triglicéridos en la sangre; reducir el riesgo de desarrollar cáncer de colon; y, fortalecer la respuesta del sistema inmunológico.

Algunos estudios científicos han demostrado que el consumo de FOS no eleva el nivel de glucosa en sangre, incluso en personas con diabetes tipo 2 (1). Sin embargo, debido a que la miel contiene también azúcares que elevan fácilmente el nivel de glucosa en sangre si bien es cierto en proporciones menores a los FOS es necesario hacer estudios clínicos para determinar las dosis para el consumo de estos alimentos.

En Europa se ha desarrollado desde hace algunos años el concepto de alimento funcional o nutraceutico, es decir cualquier alimento que independientemente de su valor nutricional genera un efecto favorable en la salud del consumidor. Así, la miel de yacón es un buen candidato para ingresar a la lista de estos alimentos.

La mayoría de propiedades enumeradas son sólo promisorias y deben ser exhaustivamente estudiadas en el futuro para comprobar sus efectos reales en la salud humana. Aunque uno de los objetivos de la presente tesis es poner en el dominio público una tecnología eficiente para el procesamiento de miel de yacón, también resulta importante detallar los posibles usos y beneficios que se derivan de su consumo. Esto puede ser útil para evitar en el futuro cualquier forma de patente o derecho de propiedad intelectual que se quiera hacer sobre la tecnología de procesamiento y sobre la miel de yacón.

#### *Valor Nutricional:*

Hojas: El estudio químico y bromatológico de las hojas ha revelado que entre otros componentes, contiene 11% de proteína por lo que en los pueblos de la sierra, son utilizadas como forraje para alimentar a animales de pastoreo y para la crianza de cuyes. En Japón, científicos, productores y consumidores, han formado la Asociación Japonesa del yacón. Esta Sociedad y otras agrupaciones análogas extranjeras, están explotando su cultivo y promoviendo el consumo del “té andino” a base de las hojas de esta planta. Mientras que en los andes, el cultivo del yacón está perdiendo vigencia, industriales de Japón, Brasil, Nueva Zelanda y otros Países, están explotando este alimento-medicamento y han abierto un mercado internacional con diversos productos a partir de yacón.

Raíces: Las raíces frescas, contienen de 83 a 87% de agua. La materia seca de los tubérculos (MS) contiene 70 % de carbohidratos:

- Oligofructanos de bajo Grado de Polimerización (G. P = 3 - 9).

El yacón de Perú y Bolivia tienen el mas alto porcentaje (4). Hasta 67 % de Fructosa libre (monosacárido no reductor que tiene grupo cetónico a diferencia de la glucosa que tiene grupo químico aldehído).

Inulina.- Polisacárido formado por cadenas enlazadas de fructosas (G. P = 3 - 5). Contiene además minerales (calcio, fósforo y hierro) y vitaminas B y C.

#### Los oligosacáridos

Son polímeros de hasta 20 unidades de monosacáridos. La unión de los monosacáridos tiene lugar mediante enlaces glucosídicos, un caso concreto de enlace acetálico. Los más abundantes son los disacáridos, oligosacáridos formados por dos monosacáridos, iguales o distintos. Los disacáridos pueden seguir uniéndose a otros



monosacáridos por medio de enlaces glucosídicos. Así se forman los trisacáridos, tetrasacáridos, o en general, oligosacáridos. Se ha establecido arbitrariamente un límite de 20 unidades para definir a los oligosacáridos. Por encima de este valor se habla de polisacáridos. Los oligosacáridos son parte integrante de los glicolípidos y glicoproteínas que se encuentran en la superficie externa de la membrana plasmática y por lo tanto tienen una gran importancia en las funciones de reconocimiento en superficie.

PRODUCTO	BRIX (*)	kcal/100g DE PRODUCTO
Jarabe de yacón	73	164-265
Jarabe de maple	66	252
Miel de abejas	82	304

Fuente: (26)

## 6.3- LA INULINA Y LOS FRUCTOOLIGOSACARIDOS.

La inulina es un fructano producidas por la unión de varias moléculas de fructosa con un enlace glucosídico y se encuentran en muchos tipos de plantas. Se concentra o almacena el tejido fino de planta, generalmente raíces y rizomas contiene las concentraciones más grandes.

La inulina es un ingrediente alimenticio natural obtenido de la raíz de la achicoria, que también está presente en otros vegetales como ajo, cebolla, poro, alcachofa, trigo e incluso plátano. La inulina ofrece beneficios tecnológicos y nutricionales, y fácilmente puede ser incorporada a una gran gama de productos. La inulina se extrae de la raíz de la achicoria mediante agua caliente, para ser fácilmente añadida en nuestra dieta diaria. La inulina tiene un sabor neutro. Mejora la textura, sensación y estabilidad de una gran variedad de alimentos, como lácteos, productos horneados, cereales, productos cárnicos, entre otros.

En nuestro cuerpo, la inulina alimenta y estimula selectivamente nuestra propia flora intestinal, por ejemplo, el bifidus. Esto es lo que se llama efecto prebiótico. Tiene un impacto positivo en la resistencia natural de nuestro cuerpo. La inulina también contribuye a tener un tránsito intestinal regular y suave. Mejora la absorción en nuestro cuerpo de importantes nutrientes como calcio e incluso podría reducir el riesgo de cáncer intestinal. Al mantener un sistema digestivo saludable, la inulina mejora también la sensación de bienestar de la persona. (10)

Un efecto prebiótico significa que se alimenta y estimula selectivamente la propia flora intestinal "buena", como el bifidus, mediante la ingesta de inulina en la dieta.

Numerosas investigaciones científicas y ensayos confirman que sólo se necesitan entre 5 y 8 gramos diarios de inulina para obtener efectos saludables beneficiosos.

No hay absolutamente ningún riesgo de sobre consumo, aunque algunas personas pueden realmente sentir la ingesta de inulina debido a un tránsito intestinal más suave,

como con cualquier otra fibra dietética. Algunas personas reaccionan más fácilmente que otras.

Los efectos saludables de la inulina están largamente demostrados. Se trabaja en conjunto con universidades e institutos de investigación en el mundo entero. Los estudios nutricionales con sujetos voluntarios son realizados varias veces, de acuerdo con los más altos criterios científicos. Los resultados de estos estudios son publicados en renombradas publicaciones científicas. También se trabaja con un comité consultor científico externo. Recomendamos a nuestros clientes de la industria alimenticia a hacer sólo afirmaciones que estén científicamente probadas y aceptadas.

La gente ha utilizado las plantas que contenían la inulina para ayudar a relevar mellitus de la diabetes cuál es una condición de los niveles desequilibrados de la insulina dando por resultado niveles de azúcar de sangre malsanos. La inulina reduce la necesidad del cuerpo de producir su propia dependencia de la insulina para normalizar niveles. Algunas plantas que contienen altas concentraciones incluyen el diente de león, las alcachofas salvajes.

La inulina, fue utilizada en una prueba médica históricamente importante de la función renal, específicamente una medida de índice de filtrado glomerular, ahora medida en gran parte por la prueba de la separación de la creatinina. La prueba de la separación de la inulina fue realizada inyectando la inulina, esperándola que se distribuirá, y después midiendo concentraciones de la inulina del plasma y de la orina.

En resumen:

La inulina es:

- Es una fibra soluble por eso no se siente al comerla.
- Está presente en vegetales que consumimos diariamente tales como puerro, cebolla, ajo, espárragos etc.

- Se extrae de la raíz de la achicoria.

Sus posibles beneficios son: (24)

- Fibra dietética soluble.
- Colabora en la regulación del tránsito intestinal.
- Tiene efecto prebiótico: Llega inalterada al intestino estimulando el crecimiento de las bacterias buenas (bifidobacterias) que ayudan a regularizar el sistema digestivo.

- Mejora la absorción del calcio.

- Ayuda a reducir el nivel de colesterol en la sangre, disminuyendo el riesgo de ataques cardíacos.

- Por ser neutra no modifica el sabor original de los alimentos.

- Bajo valor calórico.

- Amigable para diabéticos.

Definición de fructooligosacáridos

Los fructooligosacáridos o FOS son un tipo de fibra soluble compuesta de unidades de fructosa. Al igual que ocurre con otros tipos de fibra, nuestro cuerpo no es capaz de digerirlos ni de asimilarlos. No obstante, una porción de esta fibra es fermentada por bacterias, en especial por las bifidobacterias que colonizan nuestro intestino grueso, particularidad de la que derivan sus efectos positivos sobre la salud. Los fructooligosacáridos (FOS), también conocidos como Oligofructanos u oligofructosa, pertenecen a una clase particular de azúcares conocidos con el nombre de Fructanos. La estructura fundamental de los Fructanos es un esqueleto de unidades de fructosa unidas entre sí por enlaces glucosídicos  $\beta(2\rightarrow1)$  y/o  $\alpha(2\rightarrow6)$ . Es frecuente encontrar, adicionalmente, una molécula de glucosa al inicio de la cadena de cada fructano (9). Existen diversos tipos de Fructanos en la naturaleza, pero desde un punto de vista nutricional y de uso en la industria alimentaria se reconocen a los FOS y a la Inulina como los más importantes.

Se encuentran en gran variedad de alimentos vegetales como la achicoria, la alcachofa, el espárrago, el ajo, la cebolla, el puerro (tipo de cebolla), el tomate o el plátano, entre otros, pero en cantidades más bien pequeñas. El yacón posee la mayor cantidad de FOS a comparación de los alimentos mencionados con anterioridad.

Por esta razón se considera adecuado introducir en la dieta, además de los citados alimentos, aquellos que presenten fructooligosacáridos como ingredientes añadidos. Este es el caso de algunos preparados lácteos, bebidas, alimentos infantiles, productos de repostería y complementos dietéticos.

#### Efectos saludables de los FOS (26)

Los efectos saludables atribuidos a los fructooligosacáridos se asocian a su capacidad para modificar la composición de la microflora del colon, motivo por el que se les denomina componentes "prebióticos".

- \* Favorecen el crecimiento de las bifidobacterias (flora benéfica) e inhiben el de las bacterias patógenas como *E. Coli*, *Shigella* o *salmonella*.

- \* Estimulan la función inmunológica y la síntesis de ciertas vitaminas.

- \* Contribuyen a reducir el desarrollo de trastornos digestivos como el exceso de gases, ya que equilibran la flora intestinal reduciendo el desarrollo de bacterias putrefactivas.

- \* Mejoran el tránsito intestinal, lo que resulta beneficioso en caso de estreñimiento y de diarrea.

- \* Contribuyen a reducir el riesgo de cáncer de colon mediante diferentes mecanismos:

- \* La fibra envuelve sustancias cancerígenas presentes en la dieta, reduciendo el tiempo de contacto de las mismas con la capa que recubre el intestino grueso.

- \* La fermentación a cargo de bacterias intestinales de los FOS produce un medio ácido en el colon que inhibe la formación de metabolitos creados a partir de ácidos biliares de la bilis y de ciertos ácidos grasos, los cuales se sabe favorecen el crecimiento de células tumorales.

\* Además, el consumo de FOS se asocia a un mejor aprovechamiento por parte de nuestro organismo de los siguientes minerales, calcio y magnesio, componentes fundamentales de huesos y dientes.

La Inulina y los FOS no tienen una composición química definida ya que ambos son, en realidad, una mezcla de Fructanos de diferente tamaño. Debido a que las moléculas de fructosa se unen exclusivamente por enlaces B (2 1), estos Fructanos adquieren una conformación espacial semejante a cadenas lineales. La diferencia entre los FOS y la Inulina radica en el número de moléculas de fructosa que tienen estas cadenas. En la Inulina, este número varía entre 2 y 60, mientras que en los FOS, que tienen cadenas más pequeñas, el número varía entre 2 y 10 (6). Esto significa que a los FOS se les puede considerar como un subgrupo de la Inulina. Por este motivo algunos autores prefieren emplear el término fructooligosacáridos del tipo de Inulina para referirse con mayor precisión a la naturaleza de los azúcares presentes en el yacón (12).

Existe una confusión de términos cuando se hace referencia al tipo de carbohidratos predominante en las raíces del yacón. En diversos tipos de literatura (periódicos, revistas, Pág. Web, tesis, etc.) se menciona que las raíces de yacón contienen Inulina como componente principal (13). Sin embargo, esta información no es exacta, ya que estrictamente hablando, el yacón tiene sólo fructooligosacáridos (14). La explicación para esta confusión se debe posiblemente al capítulo dedicado al yacón en el libro *Lost Crops of the Incas* (13). Este documento fue uno de los primeros que alcanzó prestigio y divulgación internacional al compilar muchos aspectos del yacón que estaban disgregados hasta ese momento. En este documento se menciona que el yacón contiene Inulina y ello ha servido de base para citar lo mismo en muchos otros documentos que se han escrito después de esta publicación se determinó que el yacón tiene en realidad fructooligosacáridos (14). Si embargo, la confusión persiste aún en la actualidad debido a que el texto de National Research Council (1989) es mucho más difundido que el artículo de (14) y otros que se han escrito después.

Es importante distinguir claramente la diferencia que existe entre los conceptos de Inulina y FOS ya que las propiedades físicas y sus aplicaciones en procesos de la Industria Alimentaria son bastante diferentes. La Inulina casi no tiene sabor dulce, su consistencia especial y su baja solubilidad relativa en agua la convierten en un sustituto excelente de la grasa para la elaboración de varios tipos de alimentos, como helados y postres. Los FOS en cambio son muy solubles en agua, tienen un ligero sabor dulce (entre 30 a 50% del poder edulcorante del azúcar de mesa o sacarosa) y eventualmente pueden ser utilizados como sustitutos hipocalóricos del azúcar común (Tabla 1). A pesar de ello, la Inulina y los FOS generan casi el mismo efecto fisiológico en las personas que los consumen: proporcionan tan sólo la cuarta parte del valor calórico de los carbohidratos comunes, son reconocidos como un tipo de fibra dietética y se emplean como insumos para la elaboración de alimentos funcionales o nutraceuticos (23).

**Tabla 1. Valor calórico y poder edulcorante de los fructooligosacáridos (FOS) en comparación con los azúcares más comunes y algunos edulcorantes sintéticos**

Azúcar	Origen	Contenido de Calorías (kcal/g)	Poder Edulcorante
FOS	Natural	1 – 1,5	0,3
Glucosa	Natural	4	0,7
Fructosa	Natural	4	1,7
Sacarosa	Natural	4	1,0
Esteviosidos	Natural	0	30 – 320
Aspartame	Sintético	0	200
Sacarina	Sintético	0	300 – 500
Sucralosa	Sintético	0	600

Fuente: (14)

La Inulina se encuentra en muchas plantas como la cebolla, el ajo y el plátano, pero en mayores cantidades en especies como el topinambur y la achicoria. Los FOS se encuentran también en estas plantas, pero en cantidades pequeñas. El yacón, en cambio, no existe Inulina y el azúcar predominante son los FOS. El yacón es quizás la planta con mayor contenido de FOS (Tabla 2).

Tabla 2. Relación de plantas con mayor contenido de Fructanos

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Órgano Utilizado	Fructano predominante	% en materia comestible
Achicora	Cichorium Intybus	Asteraceae	Raíz	Inulina	16 – 20
Topinambur	Helianthus Tuberosus	Asteraceae	Tubérculo	Inulina	15 – 20
Dalia	Dahlia sp.	Asteraceae	Rizoma	Inulina	6 – 14
Yacón	Smallanthus Sonchifolius	Asteraceae	Raíz	FOS	9 – 12
Ajo	Allium sativum	Liliaceae	Bulbo	Inulina	9 – 11
Cebolla	Allium cepa	Liliaceae	Bulbo	Inulina	2 – 6
Espárrago	Asparagus officinalis	Liliaceae	Turión	Inulina	2 – 3
Trigo	Triticum durum	Poaceae	Grano	Inulina	1 – 6
Plátano	Musa sp.	Musaceae	Fruto	Inulina	0,3 – 0,7

Fuente: (14).

La inulina y los oligosacáridos de bajo GP (Grado de Polarización) están en la categoría de alimentos no digeribles. Al no ser digeribles, estos compuestos no son asimilados y no dan calorías. Comer yacón en su forma natural ó un alimento a base de este tubérculo no va a incrementar el peso de la persona ni menos va a elevar los niveles de glucosa sanguínea.

Ensayos hechos con animales de laboratorio sugieren que gracias a dicha propiedad los Oligosacáridos mejoran la asimilación de calcio y otros minerales, sintetizan las vitaminas del complejo B, reducen el nivel de triglicéridos y de colesterol en la sangre, previenen las infecciones gastrointestinales, reducen el riesgo de desarrollar cáncer de colon y fortalecen el sistema inmunológico. Los pobladores andinos, además, le atribuyen propiedades antidiabéticas, de rejuvenecimiento de la piel y de alivio a problemas gastrointestinales y renales.

La miel de yacón puede usarse como edulcorante para endulzar diferentes tipos de alimentos como ensaladas de frutas, jugos, bebidas calientes, postres, entre otros. Por tener similitud en cuanto a sabor y consistencia con ciertos edulcorantes que existen en el mercado, como la miel de abeja y la miel de caña (chancaca), la miel de yacón puede considerarse un sustituto hipocalórico de estos edulcorantes.

## **6.4- REEMPLAZANTES DEL AZUCAR. (25)**

### **Edulcorantes**

Existen dos tipos de edulcorantes calóricos (nutritivos) y no calóricos (no nutritivos). Los edulcorantes calóricos proporcionan 4 calorías por gramo y las variedades no calóricas proporcionan cero calorías.

### **Funciones**

Los edulcorantes calóricos proporcionan el sabor dulce y el volumen al alimento al cual se le han añadido. Así mismo proporcionan frescura y contribuyen a la calidad del producto. Los edulcorantes calóricos actúan como conservante en las mermeladas y gelatinas, y dan un sabor más intenso a las carnes procesadas. Proporcionan fermentación para los panes y salsas agridulces, aumentan el volumen de las cremas heladas y dan cuerpo a las bebidas carbonatadas. Algunos edulcorantes calóricos se fabrican al procesar los compuestos del azúcar y otros se producen de manera natural.

En algunos casos, los edulcorantes no calóricos se emplean en lugar de los calóricos. Ellos no proporcionan calorías pero sí el sabor dulce. Todos los edulcorantes no calóricos son químicamente procesados.

### **EDULCORANTES CALÓRICOS**

#### **a. Azúcar**

El nombre azúcar se utiliza para diferentes monosacáridos y disacáridos, que generalmente tienen sabor dulce, aunque por extensión se refiere a todos los hidratos de carbono.

El azúcar de mesa normalmente consumido corresponde a la sacarosa, un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa, que se obtiene frecuentemente de la caña de azúcar o de la remolacha. Cada día es más frecuente en platos y dulces preparados encontrarse otros azúcares diferentes, sólo glucosa, sólo fructosa, básicamente de la planta de maíz (por su asimilación más lenta) o combinados con edulcorantes artificiales. Otros azúcares son la galactosa y la lactosa. El azúcar puede cristalizar, formando el caramelo.

#### **Cristales de azúcar vistos con aumento**



b. Azúcar Invertido

Es un azúcar que se obtiene al dividir la sacarosa en sus dos partes: glucosa y fructosa. Más dulce que la sacarosa y empleado en forma líquida, el azúcar invertido, ayuda a mantener el sabor dulce de las golosinas y de los productos horneados.

c. Caña de azúcar

La caña de azúcar es una planta proveniente del sureste asiático. Es de la familia de los pastos y en sus tallos almacena energía en forma de sacarosa disuelta en la savia. De esta se extrae el azúcar al evaporar el agua.



**d. La dextrosa**

Es un hidrato de carbono. La dextrosa o glucosa monohidrato es más digestible para el lechón que la sacarosa ya que al ser un azúcar simple se absorbe directamente mediante un mecanismo activo sin digestión previa. Debido a su estructura, su contenido energético bruto es algo inferior al de la sacarosa y asimismo su valor edulcorante es menor.

**e. Los edulcorantes de maíz**

Son azúcares que se obtienen del maíz (por ejemplo, el almíbar del maíz). El almíbar del maíz, líquido resultante de la combinación de maltosa, glucosa y dextrosa, se emplea con frecuencia en bebidas carbonatadas, productos horneados, y algunos productos enlatados.

**f. Jarabe de maíz**

Edulcorante líquido isoglucoso, creado a partir del almidón o fécula maíz. Su proceso fue descubierto por investigadores japoneses en la década de los '70 del siglo XX y su consumo se ha extendido particularmente en Estados Unidos y Canadá, países que han venido limitando su dependencia del azúcar de la caña o sacarosa proveniente de los países tropicales en más de un 35% (1994.)

Al incrementarse la producción de fructosa se obtiene un almíbar comparable a las características de la sacarosa en un radio extendido entre la fructosa y la glucosa en su dulzura. Este proceso ha sido el mejor sustituto para aquellas empresas dedicadas a las bebidas ligeras y los comestibles.

**g. Polidextrosa**

Denominado en la industria alimenticia con las siglas E 1200. La utilización del



almidón como componente alimentario se basa en sus propiedades de interacción con el agua, especialmente en la capacidad de formación de geles. Abunda en los alimentos amiláceos (cereales, patatas) de los que pueden extraerse fácilmente y es la más barata de todas las sustancias con estas propiedades; el almidón más utilizado es el obtenido a partir del maíz. Sin embargo, el almidón tal como se encuentra en la naturaleza no se comporta bien en todas las situaciones que pueden presentarse en los procesos de fabricación de alimentos. Concretamente presenta problemas en alimentos ácidos o cuando éstos deben calentarse o congelarse, inconvenientes que pueden obviarse en cierto grado modificándolo químicamente. Una de las modificaciones más utilizadas es el entrecruzado, que consiste en la formación de puentes entre las cadenas de azúcar que forman el almidón. Si los puentes se forman utilizando trimetafosfato, tendremos el fosfato de dialmidón si se forman con epicleorhidrina el éter glicérico de dialmidón y si se forman con anhídrido adípico el adipato de dialmidón. Estas reacciones se llevan a cabo fácilmente por tratamiento con el producto adecuado en presencia de un álcali diluido, y modifican muy poco la estructura, ya que se forman puentes solamente entre 1 de cada 200 restos de azúcar como máximo. Estos almidones entrecruzados dan geles mucho más viscosos a alta temperatura que el almidón normal y se comportan muy bien en medio ácido, resisten el calentamiento y forman geles que no son pegajosos, pero no resisten la congelación ni el almacenamiento muy prolongado (años, por ejemplo, como puede suceder en el caso de una conserva). Otro inconveniente es que cuanto más entrecruzado sea el almidón, mayor cantidad hay que añadir para conseguir el mismo efecto, resultando por lo mismo más caros. Otra modificación posible es la formación de ésteres o éteres de almidón (substitución). Cuando se hace reaccionar el almidón con anhídrido acético se obtiene el acetato de almidón hidroxipropilado y si se hace reaccionar con tripolifosfato el fosfato de monoalmidón. Estos derivados son muy útiles para elaborar alimentos que deban ser congelados o enlatados, formando además geles más transparentes. Pueden obtenerse derivados que tengan las ventajas de los dos tipos efectuando los dos tratamientos, entrecruzado y substitución. También se utilizan mezclas de los diferentes tipos. Los almidones modificados se utilizan en la fabricación de helados, conservas y salsas espesas del tipo de las utilizadas en la cocina china. En España se limita el uso de los almidones modificados solamente en la elaboración de yogures y de conservas vegetales. En los demás casos, el único límite es la buena práctica de fabricación. Los almidones modificados se metabolizan de una forma semejante al almidón natural, rompiéndose en el aparato digestivo y formando azúcares más sencillos y finalmente glucosa, que es absorbida. Aportan por lo tanto a la dieta aproximadamente las mismas calorías que otro azúcar cualquiera. Algunos de los restos modificados (su proporción es muy pequeña, como ya se ha indicado) no pueden asimilarse y son eliminados o utilizados por las bacterias intestinales. Se consideran en general aditivos totalmente seguros e inocuos

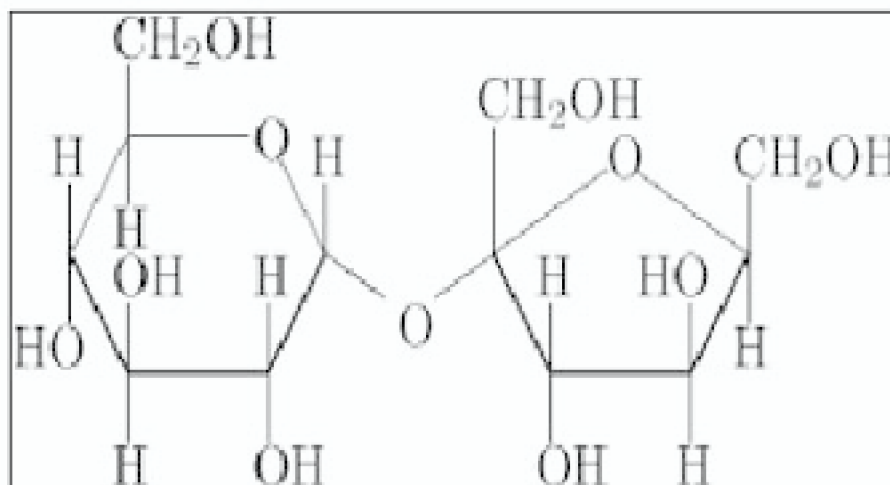
#### h. Sacarosa

La sacarosa (nombre químico del azúcar de mesa) es un disacárido formado por una molécula de glucosa y otra de fructosa. Su nombre químico es: alfa-D-glucopiranosil(1->2)-beta-D-fructofuranósido. Su fórmula química es:  $(C_{12}H_{22}O_{11})$ .

En la naturaleza se encuentra en un 20% del peso en la caña de azúcar y en un 15% del peso de la remolacha azucarera, de la que se obtiene el azúcar de mesa. La miel también es un fluido que contiene gran cantidad de sacarosa parcialmente hidrolizada.

El azúcar de pastelería (también conocido como azúcar pulverizada) es sacarosa finamente triturada. El azúcar de mesa es el edulcorante más utilizado para endulzar los alimentos y suele ser sacarosa.

Una curiosidad de la sacarosa es que es triboluminiscente, que produce luz mediante una acción mecánica.



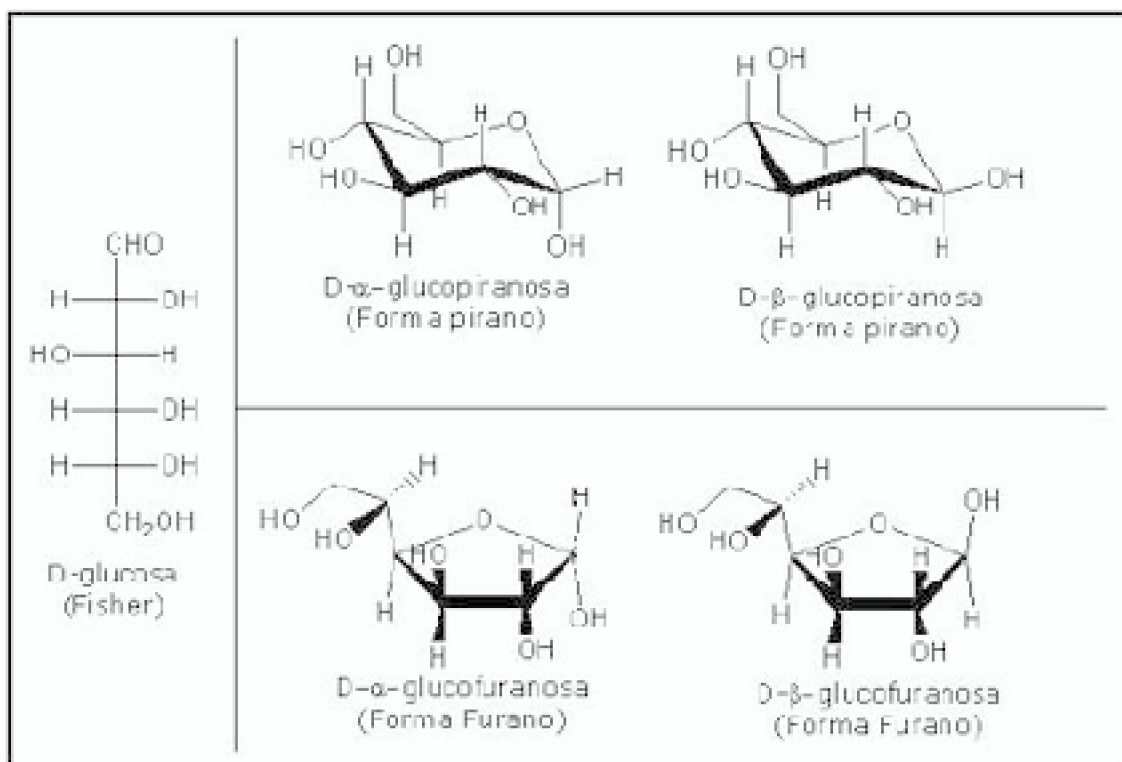
#### EDULCORANTES CALORICOS

No procesados

a. Glucosa

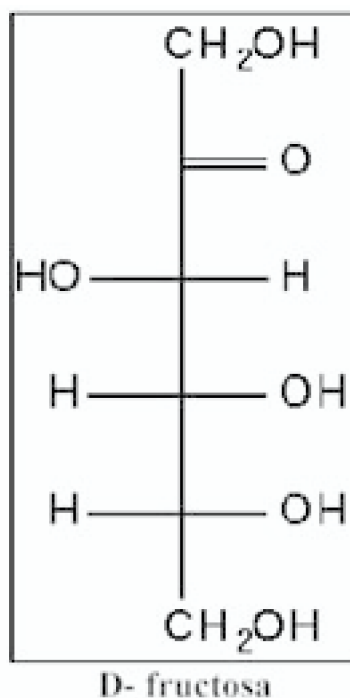
Molécula carbohidrogenada que en cadenas ordenadas forma celulosa y en asociación amorfa almidón. Ésta ( $C_6H_{12}O_6$ ) es una hexosa (monosacáridos de seis átomos de carbono) y además es un aldehído (contiene un grupo -CHO).

Es el componente fundamental del azúcar o sacarosa. Es el compuesto principal de degradación catabólica para obtención de energía en las células humanas.



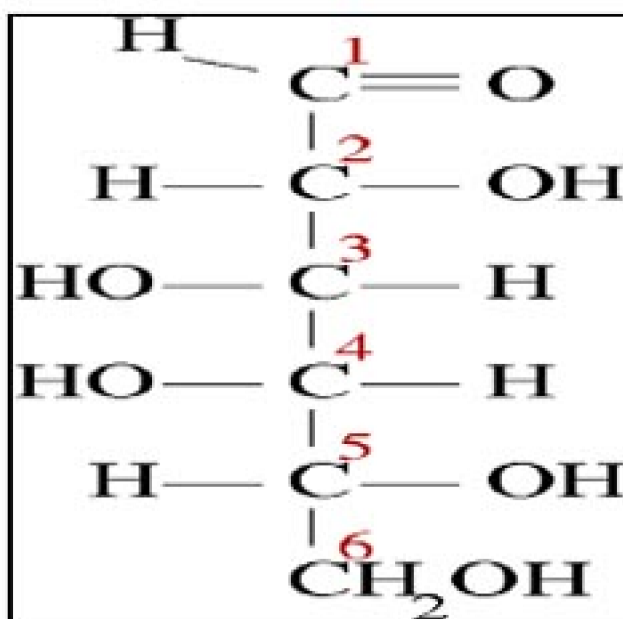
#### b. Fructosa

Fructosa, o levulosa, es una forma de azúcar encontrada en las frutas y en la miel. Es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la glucosa pero con diferente estructura. Es una hexosa (6 átomos de carbono). Todas las frutas naturales tienen cierta cantidad de fructosa (a menudo con glucosa), que pueden ser extraída y concentrada para hacer una azúcar alternativa.



#### c. Galactosa

La galactosa es un monosacárido formado por seis átomos de carbono o hexosa, que se convierte en glucosa en el hígado como aporte energético. Además forma parte de los glucolípidos y glucoproteínas de las membranas celulares de las células sobre todo de las neuronas. La glucosa es sintetizada por las glándulas mamarias para producir la lactosa de la leche, al asociarse con la glucosa, por tanto el mayor aporte de galactosa en la nutrición proviene de la ingesta de lactosa de la leche.



#### d. Lactosa

La lactosa: alfa-D-galactopiranosil-beta-D-glucopiranososa. La lactosa es un disacárido formado por la unión de una glucosa y una galactosa. Concretamente intervienen una  $\beta$ -galactopiranososa y una  $\alpha$ -glucopiranososa unidas por los carbonos 1 y 4 respectivamente. Al formarse el enlace entre los dos monosacáridos se desprende una molécula de agua. A la lactosa se le llama también azúcar de la leche ya que aparece en la leche de las hembras de los mamíferos en una proporción del 4-5%. La leche de camella, por ejemplo, es rica en lactosa. En los humanos es necesaria la presencia de la enzima lactasa para la correcta absorción de la lactosa. Cuando el organismo no es capaz de asimilar correctamente la lactosa aparecen diversas molestias cuyo origen se denomina intolerancia a la lactosa.

#### e. Maltosa

La maltosa es un disacárido formado por la unión de dos glucosas. La unión se establece a través de los carbonos 1 y 4, el 1 de una glucosa y el 4 de la otra. Por ello este compuesto también se llama alfa glucopiranosil(1-4)alfa glucopiranososa. Al producirse dicha unión se desprende una molécula de agua y ambas glucosas quedan unidas mediante un oxígeno monocarbonílico que actúa como puente. A la maltosa se le llama también azúcar de Malta y aparece en los granos de cebada germinada. Se puede obtener mediante la hidrólisis del almidón. Su fórmula es  $C_{12}H_{22}O_{11}$

#### f. Isomaltosa

Edulcorante dietético fabricado exclusivamente con azúcar como materia prima. Isomaltosa (Isomaltitol o Isomaltosa hidrogenada) es una mezcla de dos alcoholes disacáridos: gluco manitol y gluco sorbitol, fue descubierto en la década de 1960. Es un carbohidrato poco digestible. Se digiere sólo parcialmente en la parte baja del tracto intestinal. Algunas de las partes no absorbidas son metabolizadas por las bacterias del intestino. Ese proceso es normal pero puede causar en algunas personas deposiciones más blandas o más gases intestinales de lo usual de forma similar a la reacción del cuerpo a comidas con alto contenido de fibras. La poca gente que puede ser sensible, normalmente no tiene problema si comienzan con pequeñas porciones e incrementan el consumo gradualmente.

Se han realizado extensas investigaciones sobre el efecto de Isomaltosa en los niveles de glucosa e insulina. Los resultados sobre personas con diabetes tipo 1 y tipo 2 han mostrado que después de la digestión de Isomaltosa, dichos niveles no difieren significativamente de los niveles normales. Resumen de características:

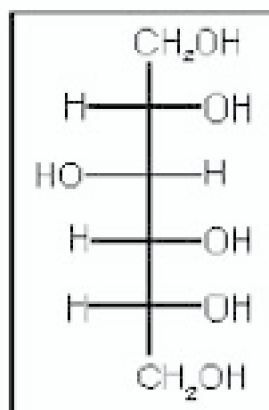
- Está hecho a partir de azúcar
- Se usa en una gran variedad de alimentos y fármacos.
- Tiene el mismo gusto, textura y apariencia del azúcar.
- Potencia el gusto dulce de los edulcorantes.
- Posee menos de 2 calorías por gramo (la mitad que el azúcar).
- No produce caries dentales.
- No es pegajoso porque no es higroscópico.
- No incrementa la glucosa en sangre ni los niveles de insulina.

Fórmula: mezcla aproximadamente equimolecular de 6-O-a-D-Glucopiranosil-D-Manitol dihidratado ( $C_{12}H_{24}O_{11} \cdot 2H_2O$ ) con 6-O-a-D-Glucopiranosil-D-Sorbitol ( $C_{12}H_{24}O_{11}$ ). Peso molecular: Gluco-piranosil-D-Sorbitol: 344,32. Glucopiranosil-D-Manitol dihidratado: 380,32. Humedad: (Karl Fischer): no más de 7%. Rango de fusión: entre 145° C y 150° C. Cenizas sulfatadas no más de 0,05%. Código europeo: E-953.

#### g. Sorbitol

Es un alcohol de azúcar que el organismo metaboliza lentamente. Se emplea como edulcorante en los alimentos dietéticos. Se lo califica como edulcorante nutritivo porque cada gramo contiene cuatro calorías, lo mismo que el azúcar de mesa y el almidón.

También el sorbitol se produce en el cuerpo humano, y, si su cantidad es excesiva, puede ser nocivo. La retinopatía y la neuropatía diabética podrían estar relacionadas con la presencia de demasiado sorbitol en las células de los ojos y los nervios. La ingestión de sorbitol puede provocar dolor abdominal leve y diarrea. La fórmula empírica es:



### EDULCORANTES CALÓRICOS PROCESADOS

#### a. El azúcar sin refinar

Es granulado, sólido o grueso y de color café. Se obtiene por la evaporación de la humedad del jugo de la caña de azúcar.

#### b. El azúcar moreno

Se fabrica a partir de los cristales de azúcar obtenidos del almíbar de la melaza.

#### c. La miel que producen las abejas

Es una combinación de fructosa, glucosa y agua.

#### d. El manitol

Es un subproducto de la producción de alcohol pero no contiene alcohol y tiene un efecto laxante, cuando se consume en grandes cantidades. Se emplea en productos alimenticios dietéticos.

#### e. La melaza

Se obtiene del residuo del procesamiento de la caña de azúcar.

---

### EDULCORANTES NO CALÓRICOS

#### a. El Acesulfamo-k

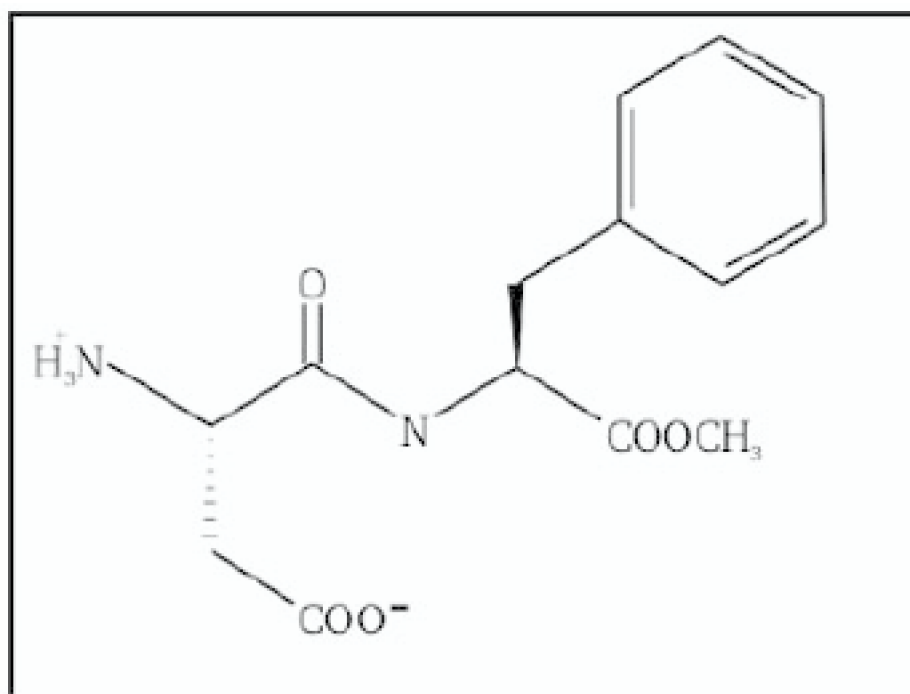
Es un edulcorante artificial. Denominado en la industria alimenticia con las siglas E 950. Es un compuesto químico relativamente sencillo, descubierto casi por azar en 1967. Es aproximadamente 200 veces más dulce que el azúcar, con una gran estabilidad ante los tratamientos tecnológicos y durante el almacenamiento. En el aspecto biológico, el acesulfamo K, no es metabolizada en el organismo humano, excretándose rápidamente sin cambios químicos, por lo que no tiende a acumularse. Su uso se autorizó en Inglaterra en 1983; desde entonces se ha autorizado en Alemania, Italia, Francia, Estados Unidos y en otros países, y está incluida dentro de la nueva lista de aditivos autorizados de la Unión Europea. El Acesulfame K es un edulcorante artificial, conocido también como Sunett. Es estable al calor y se puede emplear para cocinar y hornear. También está disponible como edulcorante de mesa, vendido en el mercado bajo el nombre de Sweet One. En Estados Unidos, está aprobado por la Administración Federal de Drogas y Alimentos (Food and Drug Administration, FDA) y se usa en combinación con otros edulcorantes tales como la sacarina, en bebidas carbonatadas bajas en calorías y otros productos.

#### b. Aspartamo

Es el nombre de un edulcorante artificial, no-carbohidrato, Aspartil-fenilalanina-1-metil éster; p.e. el metil éster del aminoácido aspártico y la fenilalanina. Denominado en la industria alimenticia con las siglas E 951. Es 160 veces más dulce que el azúcar sacarosa y posee un valor energético de 4 calorías por gramo. Es totalmente metabolizado por el organismo, su hidrólisis produce ácido aspártico, metanol y fenilalanina. Se usa como edulcorante de bajas calorías y no produce caries. Se utiliza para endulzar diferentes alimentos y bebidas, y también como "azúcar" de mesa. La ingesta máxima diaria es de 40 mg/kg. Es el más importante de los nuevos edulcorantes artificiales. Descubierto en 1965, se autorizó su uso inicialmente en Estados Unidos como edulcorante de mesa, aunque desde 1983 se autorizó en ese país como aditivo en una amplia serie de productos. Químicamente está formado por la unión de dos aminoácidos (fenilalanina y ácido aspártico), uno de ellos modificado por la unión de una molécula de metanol. Aunque como tal no existe en la naturaleza, sí que existen sus componentes, en los que se transforma durante la digestión. Son varios cientos de veces más dulce que el azúcar. Por esta razón, aunque a igualdad de peso aporta las mismas calorías aproximadamente que el azúcar, en las concentraciones utilizadas habitualmente este aporte energético resulta despreciable. El aspartamo no tiene ningún regusto, al contrario que los otros edulcorantes, y es relativamente estable en medio ácido, pero no es resistente a las altas temperaturas, por lo que presenta problemas para usarse en repostería. El aspartamo se transforma inmediatamente en el organismo en fenilalanina, ácido aspártico y metanol. Los dos primeros son constituyentes normales de las proteínas, componentes naturales de todos los organismos y dietas posibles. La fenilalanina es además un aminoácido esencial, es decir, que el hombre no puede sintetizarlo en su organismo y tiene que obtenerlo forzosamente de la dieta. Sin embargo, la presencia de concentraciones elevadas de fenilalanina en la sangre está asociada al retraso mental severo en una enfermedad congénita rara, conocida con el nombre de

fenilcetonuria, producida por la carencia de un enzima esencial para degradar este aminoácido. La utilización de aspartamo a los niveles concebibles en la dieta produce una elevación de la concentración de fenilalanina en la sangre menor que la producida por una comida normal. Cantidades muy elevadas, sólo ingeribles por accidente, producen elevaciones de la concentración de fenilalanina en la sangre inferiores a las consideradas nocivas, que además desaparecen rápidamente. Sin embargo, en el caso de las personas que padecen fenilcetonuria, el uso de este edulcorante les aportaría una cantidad suplementaria de fenilalanina, lo que no es aconsejable. Por otra parte, el metanol resultante, es un producto tóxico, pero la cantidad formada en el organismo por el uso de este edulcorante es muy inferior a la que podrían representar riesgos para la salud, y, en su uso normal, inferior incluso a la presente en forma natural en muchos alimentos, como los zumos de frutas.

También se conoce por sus nombres comerciales de Equal.



### c. La sacarina

Es uno de los más antiguos edulcorantes. Descubierto en 1879 por Ira Remsen y Constantine Fahlberg de la Universidad Johns Hopkins. Químicamente es una Imida o-sulgo benzoica. Denominado en la industria alimentaria con las siglas E954. Se usa como edulcorante no calórico, y en medicina cuando está contraindicada la toma de azúcar

La sacarina fue sintetizada en 1878, utilizándose como edulcorante desde principios del presente siglo. Son varios cientos de veces más dulce que la sacarosa. La forma más utilizada es la sal sódica, ya que la forma ácida es muy poco soluble en agua.

Tiene un regusto amargo, sobre todo cuando se utiliza a concentraciones altas, pero este regusto puede minimizarse mezclándola con otras sustancias. Es un edulcorante



resistente al calentamiento y a los medios ácidos, por lo que es muy útil en muchos procesos de elaboración de alimentos. En España se utiliza en bebidas refrescantes, en yogures edulcorados y en productos dietéticos para diabéticos. Ya desde los inicios de su utilización la sacarina se ha visto sometida a ataques por razones de tipo económico, al provocar con su uso la disminución del consumo de azúcar, así como por su posible efecto sobre la salud de los consumidores. En los años setenta varios grupos de investigadores indicaron que dosis altas de sacarina (5% del peso total de la dieta) eran capaces de inducir la aparición de cáncer de vejiga en las ratas. La sacarina no es mutágena. Su efecto en la vejiga de las ratas se produce mediante una irritación continua de este órgano producida por cambios en la composición global de la orina que, entre otros efectos, dan lugar a cambios en el pH y a la formación de precipitados minerales. El ataque continuo tiene como respuesta la proliferación celular para reparar los daños, y en algunos casos esta proliferación queda fuera de control y da lugar a la producción de tumores. Es interesante constatar que el efecto de formación de precipitados en la orina de las ratas se debe en gran parte o en su totalidad al sodio que contiene la sacarina, ya que la forma libre o la sal de calcio no producen este efecto. La sacarina no es pues carcinógena por sí misma, sino a través de su efecto como desencadenante de una agresión fisicoquímica a la vejiga de la rata, que induce la proliferación celular. Con concentraciones en la dieta (las utilizadas realmente por las personas) en las que no exista absolutamente ninguna posibilidad de que se produzca esta agresión a la vejiga, el riesgo no será muy pequeño, sino simplemente nulo. No obstante, el uso de la sacarina está prohibido en algunos países como Canadá. En Estados Unidos se planteó su prohibición en 1977, pero las campañas de las empresas afectadas y de algunas asociaciones, entre ellas las de diabéticos, motivaron que se dictara una moratoria a la prohibición. La situación de la sacarina quedó pues inestable en Estados Unidos, estando sometida a normas de etiquetado estrictas con frases del tipo "Este producto contiene sacarina, de la que se ha determinado que produce cáncer en animales de laboratorio" y "el uso de este producto puede ser peligroso para su salud".

#### d. Ciclamato

Nombre común del ciclohexilsulfamato. Denominado en la industria alimenticia con las siglas E 952. Inicialmente se atribuyeron efectos carcinógenos al ciclamato y a la ciclohexilamina (su principal metabolito). Ilegal en EE.UU. (1969), Gran Bretaña (1970), Francia y Japón. Actualmente es un aditivo autorizado por el parlamento Europeo, con restricciones. Ampliamente utilizado en la industria alimentaria y farmacéutica como edulcorante. Ingesta máxima diaria (actual) 7 mg (anterior al 2005 11mg) / kg peso corporal. Esta sustancia fue sintetizada por primera vez en 1937, y se utiliza como edulcorante artificial desde 1950. A partir de 1970, ante la sospecha de que podía actuar como cancerígeno productor de mutaciones, se ha prohibido su uso como aditivo alimentario en muchos países, entre ellos EE.UU, Japón, Inglaterra y Francia. Es unas 50 veces más dulce que la sacarosa, y tiene un cierto regusto desagradable, que desaparece cuando se utiliza mezclado con la sacarina. Es muy estable, y no le afecta la acidez ni el calentamiento. Su utilización fundamental está en las bebidas carbónicas.

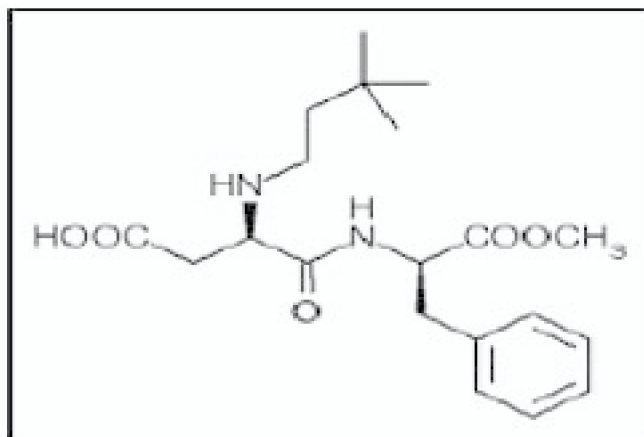
También se puede utilizar en yogures edulcorados y como edulcorante de mesa. El ciclamato como tal es menos soluble en agua que sus sales, que son las que se utilizan

habitualmente. El ciclamato no tiene la consideración universal de aditivo alimentario sin riesgos. Se han publicado trabajos indicando que, en animales de experimentación, dosis altas de esta sustancia actúan como cancerígeno y teratógeno, lo que significa que produce defectos en los fetos. También se han indicado otros posibles efectos nocivos producidos por su ingestión en dosis enormes, como la elevación de la presión sanguínea o la producción de atrofia testicular. Los datos acerca de su posible carcinogenicidad son conflictivos. El efecto cancerígeno no sería debido al propio ciclamato, sino a un producto derivado de él, la ciclohexilamina, cuya carcinogenicidad tampoco está aún totalmente aclarada. El organismo humano no es capaz de transformar el ciclamato en este derivado, pero sí la flora bacteriana presente en el intestino. El grado de transformación depende mucho de los individuos, variando pues también la magnitud del posible riesgo. Todos los datos acerca de los efectos negativos del ciclamato se han obtenido a partir de experimentos en animales utilizando dosis muchísimo mayores que las ingeridas por un consumidor habitual de bebidas bajas en calorías, por lo que la extrapolación no es fácil, y de hecho no existe un acuerdo general acerca de la seguridad o no del ciclamato. Desde su prohibición en Estados Unidos, la principal compañía fabricante ha presentado a las entidades gubernamentales varias solicitudes para que esta prohibición fuera retirada, sobre la base de los resultados de múltiples experimentos posteriores a su prohibición en los que no se demostraba que fuese cancerígeno. La elección, teniendo en cuenta que su presencia se indica en la etiqueta, corresponde finalmente al consumidor. Esta sustancia tiene mayores riesgos potenciales en el caso de los niños, a los que están destinados muchos productos que la contienen, ya que en ellos la dosis por unidad de peso es evidentemente mayor, al ser ellos más pequeños. También sería más cuestionable su ingestión por mujeres embarazadas. El riesgo ocasionado por el consumo de este aditivo, en caso de existir, es sin duda sumamente pequeño, pero existen otros edulcorantes alternativos cuyos riesgos parecen ser aun menores.

#### e. Neotame

Es un edulcorante artificial manufactado por NutraSweet que es entre 8 000 y 13 000 veces más dulce que el azúcar. Neotame es moderadamente estable al calor y extremadamente potente, y no representa peligro para los que sufren de fenilcetonuria, ya que no se metaboliza en fenilalanina. Neotame es metabolizado rápidamente, eliminado completamente, y no se acumula en el organismo. El más importante proceso metabólico es la hidrólisis del metil éster por las esterazas presentes en todo el cuerpo, la cual produce Neotame deesterificado y metanol. Debido a que solo se necesitan cantidades muy pequeñas de Neotame para endulzar los alimentos, la cantidad de metanol derivada del Neotame es muy pequeña en relación con la derivada de los alimentos comunes, tales como frutas y jugos de vegetales. Debido a la presencia del grupo 3,3 dimetilbutil, las peptidasas, que típicamente romperían la liga del péptido entre las mitades de ácido aspártico y fenilalanina, quedan esencialmente bloqueadas, reduciendo así la disponibilidad de la fenilalanina. Aprobado por Diferentes Entidades Regulatorias. Después de revisar los resultados de más de 100 estudios científicos efectuados con neotame, entidades regulatorias de diferentes países, como la Administración de Alimentos y Medicinas de los Estados Unidos (FDA), la Autoridad Reguladora de Alimentos de Australia y Nueva Zelanda, y la Secretaría de Salud de

México, afirmaron su seguridad y funcionalidad al otorgar la aprobación para el uso general del neotame como endulzante y centuador de sabor en alimentos y bebidas.



#### f. Taumatina

Es el edulcorante más poderoso conocido. Denominado en la industria alimenticia con las siglas E 957. Es una proteína extraída de una planta de África Occidental, que en el organismo se metaboliza como las demás proteínas de la dieta.

Figura en el Libro Guinness de los Récords como la sustancia más dulce conocida, unas 2500 veces más que el azúcar. Tiene un cierto regusto a regaliz, y, mezclada con glutamato, puede utilizarse como potenciador del sabor. Se utiliza en Japón desde 1979. En Inglaterra está autorizada para endulzar medicinas, en USA para el chicle y en Australia como agente aromatizante.

#### g. Stevia rebaudiana

Es una planta de la familia de las asteráceas, nativa de la región tropical de Sudamérica; se encuentra aún en estado silvestre en el Paraguay, especialmente en el departamento de Amambay, pero desde hace varias décadas se cultiva por sus propiedades edulcorantes y su bajísimo contenido calórico. El steviósido es una de los azúcares obtenidos naturalmente de la stevia rebaudiana, es un glúcido diterpeno de masa molecular 804,80. Es una molécula muy compleja, que contiene 38 carbonos, 60 hidrógenos y 18 oxígenos. Es levógiro (31,8 en forma anhidra), su punto de fusión es de 238°C, su nombre completo es 13-O-beta-sophorosyl-19-O-beta-glucosyl-steviol. Es soluble en agua, etanol y metanol.

#### *Propiedades*

A pesar de ser de sabor dulce, no aumenta la concentración de glucosa en sangre (lo que lo hace apto para diabéticos). Por este motivo se lo utiliza como endulzante no calórico natural. Endulza unas 250 a 300 veces más que la sacarosa, y no trae problemas de salud como los edulcorantes artificiales. Además, se le conocen las siguientes propiedades:

Beneficioso para diabéticos no insulino-dependientes: Estimula en forma directa las células beta del páncreas, generando una buena cantidad de insulina en personas afectadas con diabetes tipo 2.

Hipertensor: Posee un efecto hipertensor, propiedad que resulta beneficiosa a personas hipotensas.

h. Neohesperidina dihidrocalcona

La neohesperidina dihidrocalcona (NHDC), codificada en la industria alimenticia con las siglas E 959 se obtiene por modificación química de una sustancia presente en la naranja amarga, *Citrus aurantium*. Es entre 250 y 1.800 veces más dulce que la sacarosa, y tiene un sabor dulce más persistente, con regusto a regaliz. Se degrada en parte por la acción de la flora intestinal.

## **6.5. Marmita (Tipos, condiciones de trabajos, etc.).**

Los datos característicos de las marmitas ubicadas en la Planta Piloto de la Facultad de Química e Ingeniería Química, con la cual se trabaja, son las siguientes:

El grupo de marmitas de campana consta de tres calderas basculantes con una capacidad de 20 litros. La marmita misma se hace de acero resistente a los ácidos, sirviendo para la cocción de diversos productos.

Las tres calderas se encuentran montadas en un pedestal construido de hierro angular común, conjuntamente con tuberías y accesorios pertenecientes. Su estructura mecánica consta de:

- 1.- Tres duplicadores.
- 2.- Las tuberías y accesorios para el vapor y el agua condensada.
- 3.- La estructura de soporte común.

El grupo de marmitas de campana a vapor se ha diseñado para la cocción de algunos productos, permitiendo su operación, al efecto del calentamiento y de la cocción rápida y efectiva, al vapor de una presión aproximada de 3 Kp/cm<sup>2</sup>.

Una marmita debe tener las siguientes características: (Ver Fig. N°1)

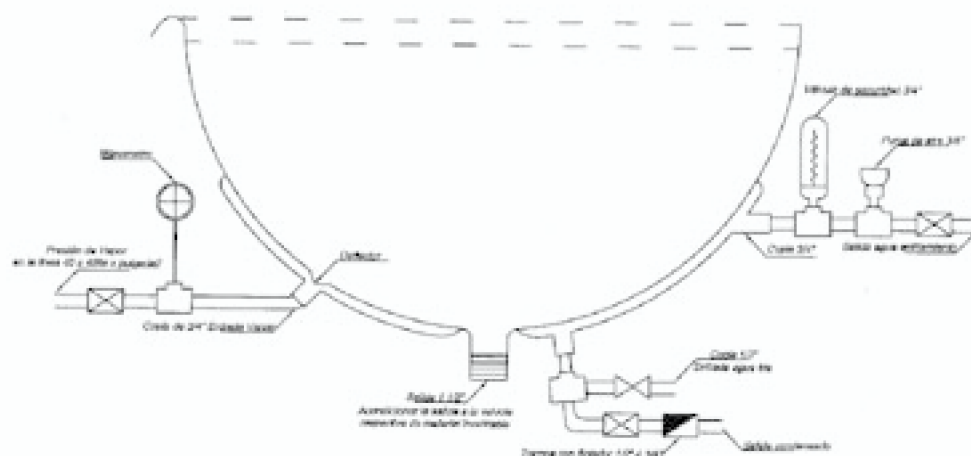


Fig. N°1

### 6.6. Concentrador al vacío.

Un evaporador es un intercambiador de temperaturas entre medios, de modo que mientras uno de ellos se enfría, disminuyendo su temperatura, el otro se calienta aumentando su temperatura. Pasando, habitualmente, de su estado líquido original a estado vapor (cabiendo la posibilidad de un calentamiento ulterior, con lo que se dice que alcanza el estado de vapor sobrecalentado). Los evaporadores se fabrican en muy diversos tamaños y con distintas disposiciones, siendo profusamente empleados en gran cantidad de procesos térmicos.

El concentrador utilizado en las pruebas experimentales tiene las siguientes características:

Es un cilindro vertical de acero inoxidable (316), con placas extremas metálicas. Un serpentín helicoidal de tubo de cobre conduce el agua a través del refrigerante contenido en el cilindro. Mantiene una baja presión en el evaporador y esto causa la ebullición del refrigerante a baja temperatura, extrayendo el calor del agua y reduciendo su temperatura. Un evaporador es aquel donde se absorbe el calor a una baja temperatura al evaporarse (hervir) un líquido a baja presión. En las siguientes figuras (fig. 2 – 5) se aprecia el concentrador de la Planta Piloto de alimentos del Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA).



*Fig. N° 2*

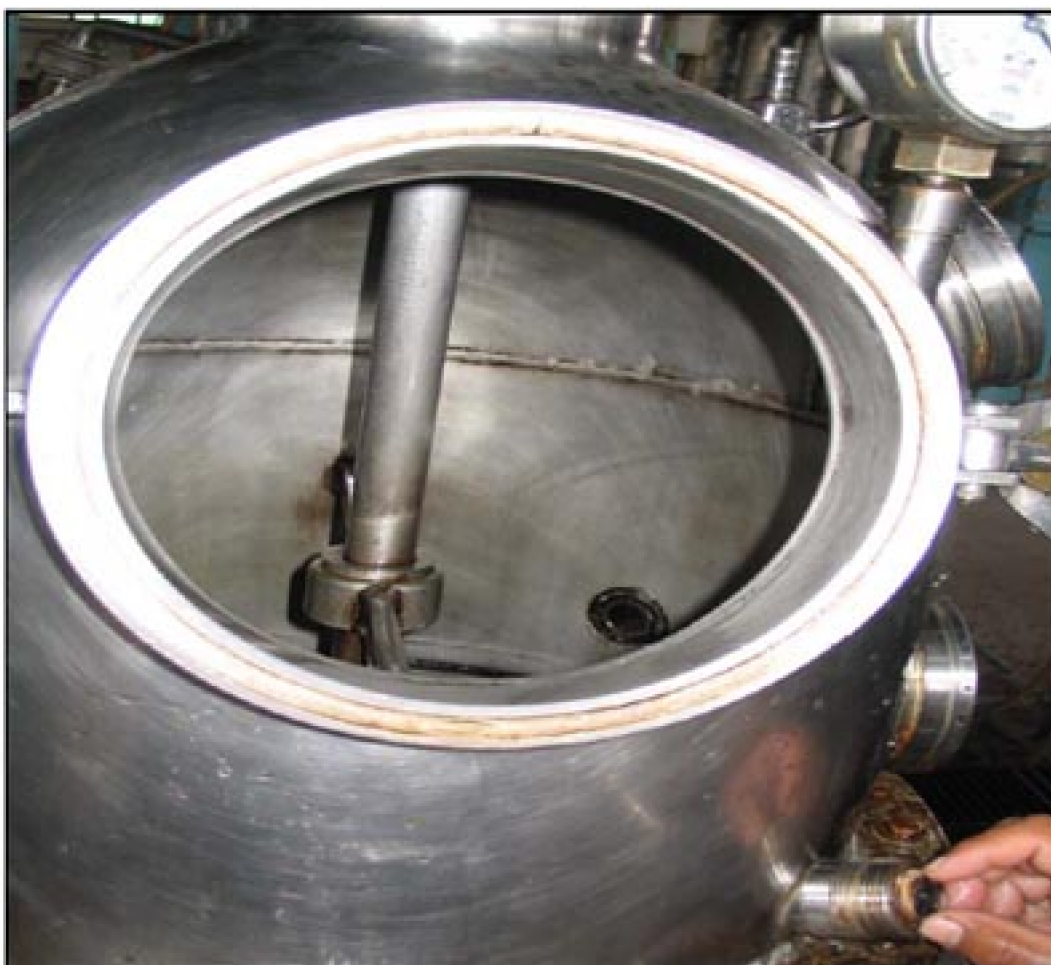


*Fig. N° 3*



*Fig. N° 4*





*Fig. N° 5*



## 7.0 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

### 7.1 MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS UTILIZADOS.

#### 7.1.1 A NIVEL DE PLANTA PILOTO.

---

##### 7.1.1.1. OBTENCIÓN DE MIEL DE YACÓN EN UNA MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA:

Materiales:

- Cepillos.
- Cuchillos.
- Espátulas.
- Guantes.
- Jarras de medición.
- Mesas.

- Peladores de papa.
- Tinajas de acero inoxidable.
- Tocuyo.

Reactivos:

- Agua Potable.
- Agua Destilada.
- Lejía.

Equipos Utilizados:

- Balanza.
- Licuadora industrial (Century AC Motors).
- Marmitas.
- Refractómetro.
- Pistola de Temperatura.

#### **7.1.2.2. OBTENCIÓN DE MIEL DE YACÓN A PRESION A VACÍO:**

Materiales:

- Algodón.
- Bolsas de polietileno.
- Coladores.
- Cuchillos.
- Guantes.
- Jabas de Plástico.
- Jarras de medición.
- Mesas.
- Peladores de papa.
- Tinajas de acero inoxidable.
- Tinas
- Tocuyo.

Reactivos:

- Agua destilada.
- Agua potable.
- Ácido ascórbico.
- Ácido cítrico.

Equipos Utilizados:

- Balanza industrial.
- Balanza de 5kg.
- Concentrador al Vacío.
- Refractómetro.
- Prensa (Brown Internacional Corp).
- Selladora.
- Triturador (General Electric).

## 7.2 MATERIA PRIMA.

### 7.2.1 ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA.

El yacón taxonómicamente esta clasificado dentro de las Asteraceas, Esta especie acumula en sus órganos de reserva un tipo de Fructooligosacáridos similar al fructano, pero con menor grado de polimerización. Contiene minerales como el potasio, fósforo, hierro, zinc, magnesio, sodio y calcio; entre las vitaminas los que se encuentran en mayor cantidad son la vitamina c, tiamina, riboflavina y la niacina.

	Base Húmeda	Base seca
Agua (%)	70 - 93	
Cenizas (%)	0,3- 2,0	1,1 – 6,7
Proteínas (%)	0,4 – 2,0	1,3 – 7,3
Grasa (%)	0,1 – 0,3	0,4 -1,0
Fibra (%)	0,3-1,7	1,0 – 5,7
Calcio (mg/g)	23	
Fósforo (mg/g)	21	
Hierro (mg/g)	0,3	
Retinol (mg/g)	10	
Caroteno (mg/g)	0,08	
Tiamina (mg/g)	0,01	
Riboflavina(mg/g)	0,1	
Niacina(mg/g)	0,33	
Ácido ascórbico	13	

Fuente (26)

Según la referencia (14) sus posibles propiedades son:

- Efectivo antidiabético, por su activa potencia hipoglycémica para reducir el nivel de azúcar en la sangre.

- Reduce la cantidad de colesterol, y triglicéridos (contra la arteriosclerosis).
- Favorece el desarrollo de las bifidobacterias y del bacillus subtilis en el colon.
- Evita el crecimiento de los microorganismos putrefactivos que tienden a provocar diarreas.
- Mejora la asimilación de calcio.
- Estimula la síntesis. de vitaminas del complejo B.
- Aporta bajo contenido calórico.
- Los azúcares presentes no son cariogénicos.
- Control del estreñimiento, aumenta de la excreción.
- Factor preventivo del cáncer de colon.

## **7.3.0 PRUEBAS DE OBTENCIÓN DE MIEL DE YACÓN A NIVEL DE LABORATORIO.**

### **7.3.1 PRUEBAS PARA SELECCIONAR LA MATERIA PRIMA EN LA OBTENCIÓN DE MIEL DE YACÓN.**

---

Los análisis de laboratorio para determinar el contenido de FOS son laboriosos y costosos. Por lo cual se ha procedido a trabajar con un refractómetro que a continuación se pasará a detallar:

El refractómetro es un equipo que miden el índice de refracción, tienen por lo general escalas graduadas en otras magnitudes (una de ellas es la escala de grados Brix), diseñadas para expresar la concentración de azúcares totales en los zumos de frutas. En el caso del yacón, los FOS representan el mayor componente de los azúcares en el jugo. Entonces, dado que existe una correlación alta entre el valor de los grados Brix y el contenido de FOS (14) se puede asegurar con bastante certeza que la medición de los grados Brix es útil para comparar el contenido relativo de FOS de dos o más lotes de yacón. La importancia de este método radica en su simplicidad, rapidez y bajo costo ya que puede realizarse fácilmente con el uso de un refractómetro portátil, el cual es poco costoso y fácil de manejar los detalles de la metodología.

Para lograr una selección más efectiva de la materia prima se puede complementarla prueba anterior con una degustación de las raíces. En términos generales, los azúcares simples del yacón (glucosa, fructosa y sacarosa) tienen un poder edulcorante cuatro veces superior a los FOS. Esto significa que cuanto menos dulces son las raíces, existe una mayor probabilidad de que tengan un contenido más alto de FOS. Así, el procedimiento que debería aplicarse para la selección de un lote con alto contenido de FOS es el siguiente: seleccionar aquellos Potes en los que las muestras tienen un alto

valor de grados Brix y luego, entre estos lotes, seleccionar aquellos en los que las muestras tienen un sabor menos dulce.

### 7.3.2 PRUEBAS DE ANÁLISIS PARA DETERMINAR CUANTITATIVAMENTE LOS FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS (FOS).

Estas pruebas se realizaron en el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, el responsable de los análisis de FOS en la miel de yacón es el Dr. David Campos.

Se indica que este análisis se fundamenta en el estudio realizado en el Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid (UAM) ESPAÑA por los siguientes Investigadores:

- JAIME, Laura; MARTIN-CABREJAS, Maria A.; MOLLA, Esperanza; LOPEZ-ANDREU, Francisco J.; y ESTEBAN Rosa M. 2001. Effect of Storage on Fructan and Fructooligosaccharide of onion (*Allium cepa* L.). J. Agric. Food Chem. 49, 982 – 988.

El resumen de esta investigación se detalla a continuación:

El propósito de este estudio era examinar comparativamente el contenido de Fructanos y de Fructooligosacáridos (FOS) de diversas variedades de las cebollas (cv del cepa L. del *Allium*. Sturon, Hysam, Durco, Grano de Oro, y Caribo) y los cambios producidos durante su almacenamiento comercial.

En cebollas frescas, la variedad de Grano de Oro presentó un comportamiento diverso, demostrando el contenido bajo de Fructanos totales y FOS y los altos niveles de los azúcares de reducción.

En las otras variedades de cebolla, los Fructanos eran los carbohidratos principales, el FOS polimerizado era más bajo que el oligómero principal. El período de almacenaje en estas variedades importantes aumentó los niveles de la fructosa libre atribuidos a la hidrólisis de Fructanos. Las variedades con el menor el contenido de la materia seca 16% o de sólidos solubles del 15% se podían almacenar por 6 meses en 0°C y la humedad relativa 60-65%.

Los resultados de los análisis de Fructooligosacáridos, se representan en el siguiente cuadro y los resultados originales se encuentran en el anexo N° 13.2 (Págs. 111 -112).

Análisis	Miel de Yacón a Presión Atmosférica
Materia Seca (g/100g)	82,69
Fructooligosacáridos (g/100g ms.)	34,55

Análisis	Miel de Yacón a Presión a Vacío
Materia Seca (g/100g)	75,01
Fructooligosacáridos (g/100g ms.)	41,77

Referencia: Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Se puede concluir que la miel de yacón a presión a vacío tiene mayor cantidad de Fructooligosacáridos que la miel de yacón a presión atmosférica

## **7.4 COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE MIEL DE YACÓN A NIVEL DE PLANTA PILOTO.**

La eficiencia de conversión de raíces a miel varía generalmente entre 7 y 10%, es decir que para obtener 1 kg de miel de yacón se debe emplear entre 10 a 15 kg de raíces lavadas. El contenido de sólidos solubles en la materia prima es el componente más importante que afecta la eficiencia de conversión a miel. Por ejemplo, para obtener 1 kg de miel se necesitan aproximadamente 6 litros de jugo si éste tiene 12 °Brix, pero se necesitarán 9 litros si el jugo tiene 8 °Brix. Mejores coeficientes de producción se obtienen al procesar raíces grandes y uniformes, fáciles de pelar; esto garantiza una menor pérdida de materia prima durante el pelado. Por último, se puede prensar el bagazo que sale del extractor con el fin de recuperarla mayor cantidad posible de jugo e incorporarlo a la línea de procesamiento de miel (alrededor del 80% del peso del bagazo está en forma de jugo).



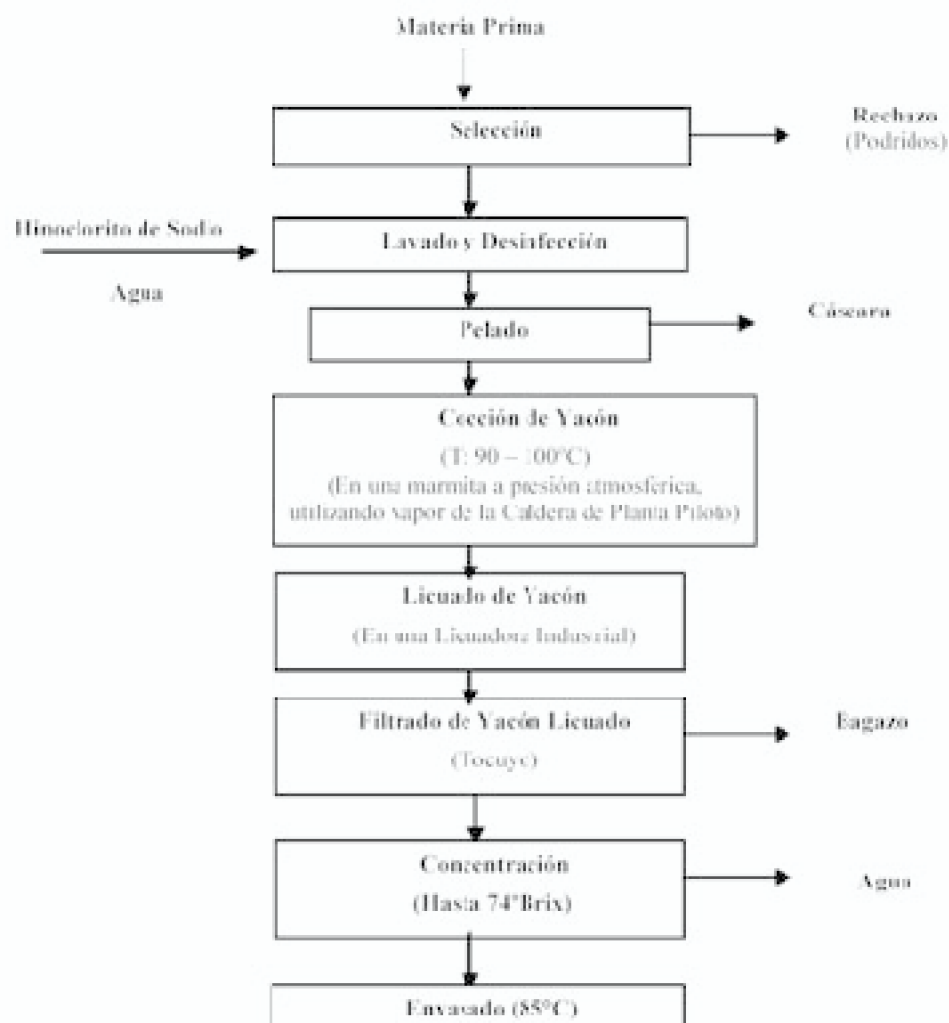


*Foto N°1: Yacón como Materia Prima.*

#### **7.4.1 PRUEBAS EN MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA.**

---

Estas pruebas se realizaron en la Planta Piloto DE ALIMENTOS de la Facultad de Química e Ing. Química de la UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. Se determinó el siguiente diagrama de flujo N° 1, que se encuentra en la siguiente página.



#### a. Selección de la materia prima

A través de la medición del índice de refracción del jugo de yacón. Este método, es rápido, sencillo y económico, permite seleccionar entre varios cultivares o lotes de yacón, aquellos que tienen un mayor contenido de FOS. En este paso intervino un tesista con un tiempo de 5 minutos. Ver Foto N°2.

#### b. Lavado y desinfección de la materia prima

El lavado se hace con abundante agua, frotando las raíces unas con otras y empleando un abrasivo suave (cepillo u escobilla) que facilite la remoción de la tierra adherida a la superficie de las raíces. Después del lavado, las raíces se sumergen durante cinco minutos en una solución desinfectante de 200 ppm de hipoclorito de sodio con el objetivo de disminuir la carga microbiana que permanece adherida a la superficie de las mismas. El hipoclorito de sodio es uno de los desinfectantes más efectivos, económico y fácil de usar. Una solución de 200 ppm. de hipoclorito de sodio se puede preparar diluyendo 4 ml. de lejía comercial por cada litro de agua (la mayoría de lejías comerciales

contienen alrededor de 5% de hipoclorito de sodio). En el lavado y desinfección de la materia prima, intervino los dos tesisistas con un tiempo de 35 minutos. Ver Fotos N°3 y 4.

### c. Pelado

El pelado de las raíces se hace manualmente utilizando un pelador de papas. A medida que se pelan las raíces, es recomendable sumergirlas en un recipiente conteniendo agua potable con el fin de retardar el pardeamiento. Con este sistema, una persona puede pelar entre 20 y 25 kg de raíces de yacón en una hora, y una pérdida de alrededor del 20% el peso inicial de las raíces. La concentración de azúcares se incrementa desde el interior de la raíz hacia la superficie (Ver Foto N°5). Por ello, se debe tener cuidado en retirarla cáscara con el menor contenido de pulpa posible ya que la mayor concentración de azúcares se localiza en las zonas periféricas de la raíz. Por otro lado, la cáscara es la parte de la raíz en la que se concentra la mayor cantidad de los compuestos responsables del pardeamiento, de manera que se debe asegurar el retiro de toda la cáscara de las raíces durante el pelado.

En ensayos preliminares realizados en la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Química e Ing. Química de la UNMSM, se pudo constatar que la cáscara se desprende fácilmente de las raíces después que éstas son sometidas por breves periodos de tiempo a una presión y temperatura elevadas en una olla doméstica de presión. El desprendimiento de la cáscara es limpio, es decir sin restos de pulpa adheridos a la cáscara, por lo que existe un ahorro de materia prima significativo en comparación al pelado convencional. Sin embargo, se recomienda realizar un análisis de costos y beneficios antes de invertir en una autoclave industrial. Un beneficio adicional del uso de la autoclave es que también podría ayudar a desactivar las enzimas responsables del pardeamiento enzimático. El tiempo de pelado fue de 55 minutos la materia prima, intervinieron los dos tesisistas. Ver Foto N°6.

Comparación de dos métodos tecnológicos para obtención de miel de yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) utilizando un concentrador a presión a vacío y una marmita a presión atmosférica.

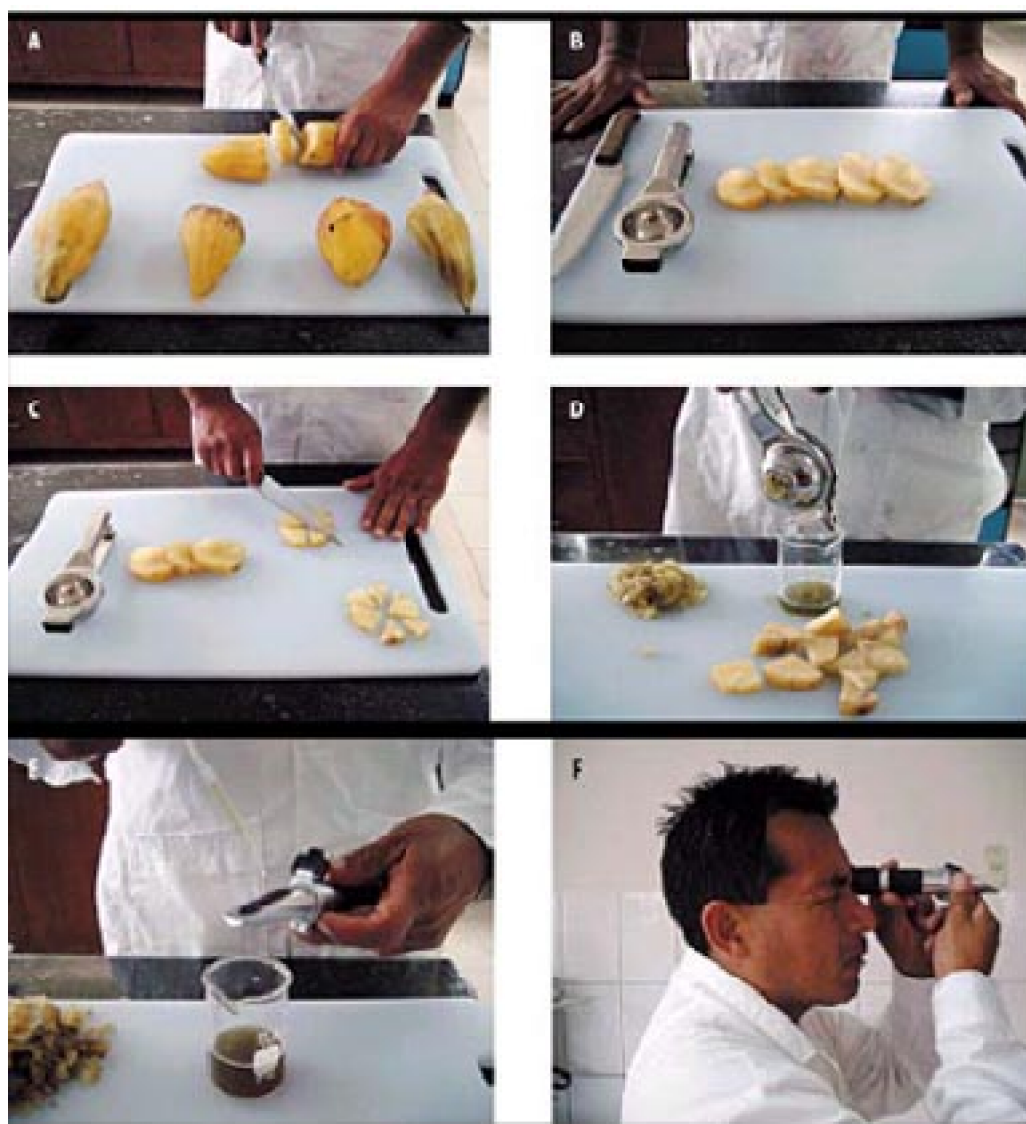


Foto N°2: Determinar los °Brix de la Materia Prima.



*Foto N°3: Lavado y Desinfección del Yacón*

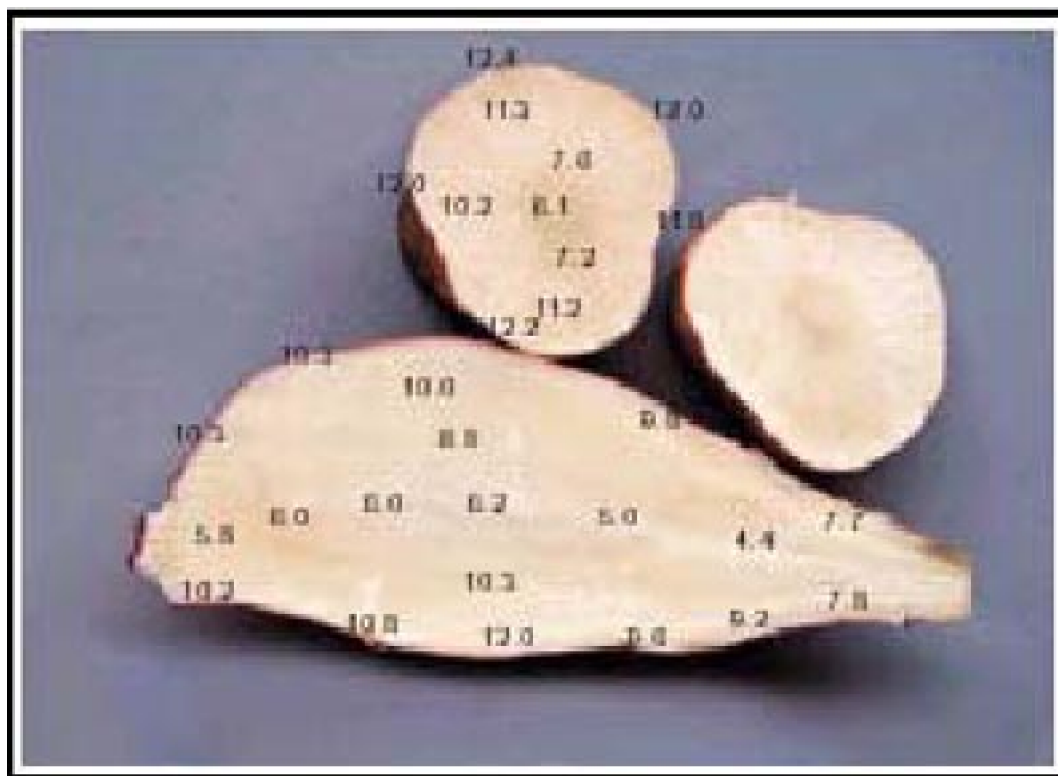


*Foto N°4: Yacón después de la Desinfección.*



Comparación de dos métodos tecnológicos para obtención de miel de yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) utilizando un concentrador a presión a vacío y una marmita a presión atmosférica.

---



*Foto N°5: Distribución de los azúcares (Brix) dentro de las Raíces del Yacón.*



*Foto N°6: Pelado del Yacón*

*d. Cocción.*

Para la cocción del yacón se realiza en una marmita a vapor. En esta etapa se debe tener cuidado con el pardeamiento enzimático ya que esto no solamente puede generar problemas en la materia prima sino a la vez, en el sabor del producto final. Se recomienda retirar la espuma verde que se forma en el proceso de cocción ya que este le da un mal sabor en el producto final, es decir la miel de yacón. En la cocción, intervino los dos tesistas con un tiempo de operación de 45 minutos. Ver Foto N°7.

### *e. Licuado.*

Para el licuado del jugo de yacón se realiza con una licuadora industrial. En esta etapa se pierde alrededor del 1% del peso de las raíces peladas en forma de bagazo. La merma es pequeña debido a que después de este paso se procede a la filtración inmediatamente y sin perder tiempo para evitar el pardeamiento enzimático. En el licuado de la materia prima, intervino los dos tesistas con un tiempo de operación de 16 minutos. Ver Foto N°8.

### *f. Filtración del jugo.*

El licuado de yacón que se obtiene contiene residuos de bagazo que deben ser eliminados por filtración antes que el jugo ingrese a la marmita. Si el jugo no es filtrado en este momento, entonces la filtración de la miel será un proceso muy laborioso y lento de realizar. El proceso de filtración consiste en forzar el paso del jugo a través de una membrana porosa (tocuyo), con el fin de retener las partículas de bagazo para luego eliminarlas. La mejor manera de filtrar el jugo de manera eficiente y rápida es usando un filtro prensa.

Una alternativa simple y económica al filtro prensa, es el uso de mallas finas (tocuyo) que permitan realizar un proceso simple de filtración por gravedad. Son mejores las mallas construidas con material de acero inoxidable ya que tienen un periodo de vida más extenso y garantizan el cumplimiento de las normas de higiene en el procesamiento.

El tamaño de poro de las mallas no debe ser mayor a 150  $\mu$ m de diámetro. En el proceso, intervino los dos tesistas con un tiempo de operación de 17 minutos. Ver Foto N°9.

### *g. Evaporación y Concentración del jugo*

La función de este proceso, es eliminar agua y elevar la concentración de sólidos solubles del jugo (azúcar principalmente) hasta el valor de 74°Brix, tomando el control cada 5 minutos con un refractómetro. Se trabajó a una temperatura de 100°C y a presión atmosférica.

El éxito para producir miel de buena calidad (sin sabor a azúcar quemado) depende en gran medida de que el proceso de evaporación sea continuo. Para lograrlo, se debe mantener un gradiente de concentraciones del jugo durante todo el proceso de evaporación. En este proceso, intervinieron los dos tesistas con un tiempo de operación de 116 minutos. Ver Foto N°10.



*Foto N°7: Cocción del Yacón.*



*Foto N°8: Licuado del Yacón.*





*Foto N°9: Bagazo del Yacón.*



*Foto N°10: Evaporación y Concentración del Jugo de Yacón.*

#### *h. Envasado*

El envasado es un proceso sencillo, en el que se debería usar un tanque

dispensador de acero inoxidable. Lamentablemente debido a la poca infraestructura de la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Química e Ing. Química, se hizo directamente de la marmita a un frasco. En el momento del envasado se debe asegurar que la temperatura de la miel de yacón dentro de la marmita sea superior a 85°C y que la concentración de azúcares sea 72 a 75°Brix. Estas simples medidas ayudarán a prevenir el desarrollo de microorganismos en el producto envasado. En el envasado trabajan los dos tesisistas con un tiempo de operación de 8 minutos. Ver Foto N°11.



*Foto N°11: Miel del Yacón realizada en Marmita a Presión Atmosférica.*

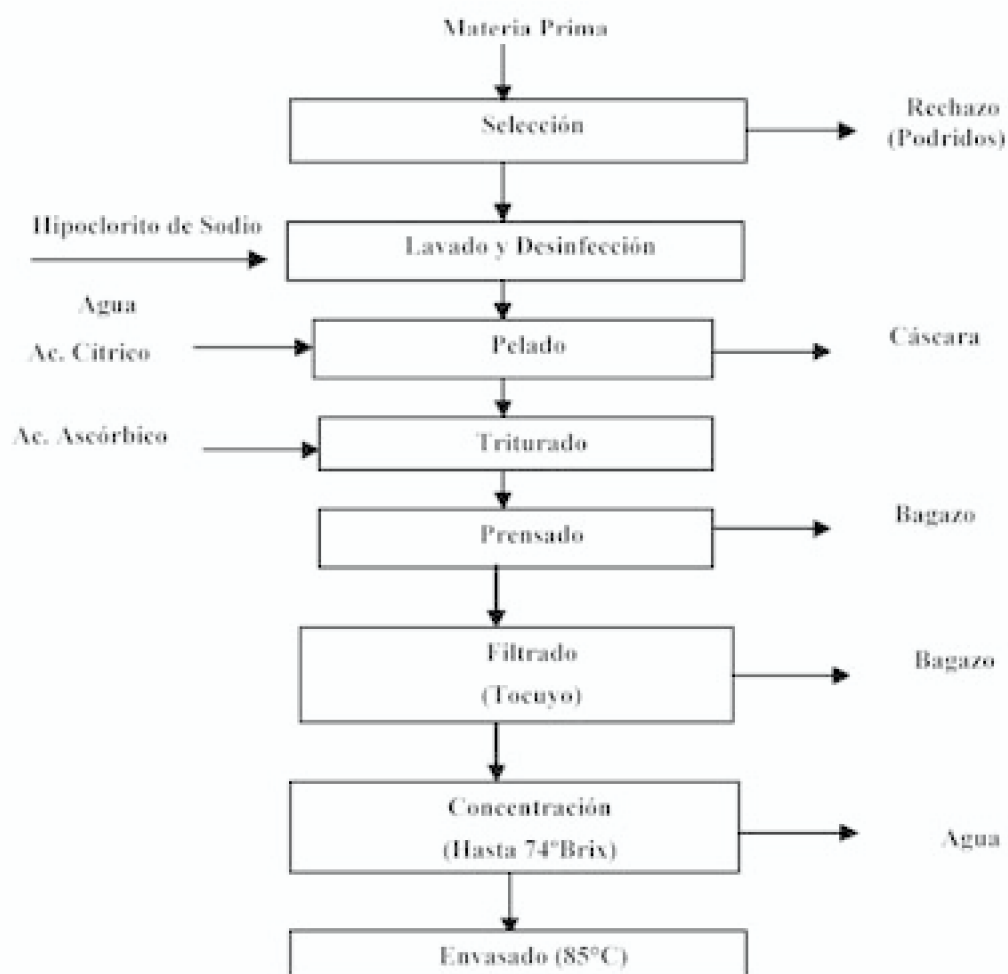
#### **7.4.2 PRUEBAS EN CONCENTRADOR AL VACÍO.**

---

La hipótesis empleada en este método fue de optimizar el rendimiento de los Fructooligosacaridos (FOS), además de obtener mayores ventajas económicas, sensoriales y fisicoquímicas.

Estas pruebas se realizaron en el Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA).

Se empleó el siguiente diagrama de flujo para la obtención de miel de yacón.



#### a. Selección de la materia prima

A través de la medición del índice de refracción del jugo de yacón. Al igual que se realiza en la planta piloto de la UNMSM, a su vez se colocó toda la materia prima en un cilindro de plástico de un metro de altura con agua (hasta un poco mas de la mitad), esto se realiza para clasificar los podridos de toda la materia prima con la que se va a trabajar, que estos flotan a la parte superior, siendo desechados. En este paso intervino un operario con un tiempo de operación de 5 minutos. Ver Foto N°12.

#### b. Lavado y desinfección de la materia prima

El lavado se hace con agua, frotando las raícesunas con otras y empleando un abrasivo suave (escobilla) que facilite la remoción de la tierra adherida con respecto a la superficie de las raíces. Después del lavado, las raíces se sumergen durante diez minutos en una solución desinfectante de 200 ppm de hipoclorito de sodio con el objetivo de disminuir la carga microbiana que permanece adherida a la superficie de las mismas. Participan en este proceso cinco operarios, con un tiempo de operación de 25 minutos. Ver Fotos N°13 y 14.

*c. Pelado de las raíces*

El pelado de las raíces se realiza manualmente, utilizando un pelador de papas. A medida que se pelan las raíces, se sumerge en un recipiente conteniendo agua potable con el fin de retardar el pardeamiento enzimático, a su vez se le agregó ácido cítrico 0,1g por cada kg de raíz pelada, es decir para nuestro proceso se empleó 4,2 g.

En el proceso del pelado participaron 8 personas con un tiempo de operación de 50 minutos. Ver Foto N°15.



*Foto N°12: Selección del Yacón.*



*Foto N°13: Lavado y Desinfección del Yacón.*



*Foto N°14: Yacón después de la Desinfección.*





*Foto N°15: Pelado del Yacón.*

*d. Triturado y control del pardeamiento*

Para la extracción del jugo de yacón se nos propuso un triturador Ritz. En esta etapa se pierde alrededor del 20% del peso de las raíces peladas en forma de bagazo. La merma es grande debido a que el bagazo es eliminado con un contenido de humedad muy alto (más del 80% del peso del bagazo es agua).

Para evitar el pardeamiento enzimático se realizó lo siguiente:

Consta en agregar ácido ascórbico cuya relación se recomienda de 1,3g por cada kilogramo de raíces peladas. La cantidad agregada para nuestro proceso fue de 54,6g. De esta manera, el jugo extraído entra inmediatamente en contacto con el ácido ascórbico e impide que puedan ocurrir las reacciones de oxidación. Para que el ácido ascórbico pueda ejercer su efecto, debe ser empleado antes que ocurra el pardeamiento enzimático del jugo debido a que este proceso es raramente reversible. En este proceso participaron tres personas con un tiempo de operación de 10 minutos. Ver Fotos N°16 y 17.

*e. Prensado.*

Para este proceso se nos propuso utilizar un extractor de jugo. Esto se realiza debido para evitar pérdidas en la elaboración de la miel, ya que en el bagazo se encuentra aproximadamente con un 80% de humedad. En este paso trabajan tres personas con un tiempo de operación de 15 minutos. Ver Fotos N°18 y 19.

*f. Filtración del jugo*

La alternativa que el INDDA propuso fue el de mallas muy finas (tocuyo) que permitan realizar un proceso simple de filtración por gravedad cumpliendo con las normas de higiene se desinfectó el tocuyo con agua hirviendo mas hipoclorito de sodio. El tamaño de poro de las mallas no debe ser mayor a 150  $\mu$ m de diámetro (según el proceso del INDDA). En este proceso trabajan dos personas con un tiempo de operación de 5 minutos. Ver Fotos N°20 y 21.



*Foto N°16: Máquina para triturar el Yacón.*



*Foto N°17: Trituración del Yacón.*



*Foto N°18: Máquina para el Prensado del Triturado de Yacón.*





*Foto N°19: Prensado del Yacón.*



*Foto N°20: Preparación de la Filtración del Yacón.*



*Foto N°21: Filtrado del Yacón.*

*g. Evaporación y Concentración del jugo*

La función del concentrador es eliminar agua y elevar la concentración de sólidos solubles del jugo, hasta llegar a un valor de 74°Brix, se trabajó a una temperatura de 60°C y a una presión de vacío de 160mmHg. En este proceso se toma una pequeña muestra cada 10 minutos para controlar los grados brix. En la evaporación trabajan dos personas con un tiempo de operación de 110 minutos. Ver Fotos N°22, 23 y 24.

*h. Envasado*

El envasado es un proceso sencillo en el que se usa el mismo concentrador de acero inoxidable. Este concentrador tiene incorporado un pequeño grifo (caño) que permite dispensar la miel en un balde desinfectado. En la parte inferior del concentrador donde se ubica el grifo, se puede colocar y retirar, fácilmente la malla de 150  $\mu$ m de diámetro. Así, el dispensador se puede usar para que cumpla una doble función: realizar el últimofiltrado antes del envasado (cuando la miel tiene aproximadamente 70° Brix) y dispensar la miel en las bolsas plásticas de polietileno. En el envasado intervienen 2 operarios con un tiempo de operación de 5 minutos. Ver Foto N° 25 y 26 y 27.



*Foto N°22: Concentrador al vacío.*



*Foto N°23: Concentrador al vacío.*



*Foto N°24: Concentración de la Miel de Yacón.*



*Foto N°25: Filtrado final de la miel de yacón.*





*Foto N°26: Envasado de la Miel de Yacón.*



*Foto N°27: Embolsado de la Miel de Yacón.*

### 7.4.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La elaboración de la miel de yacón, consiste en extraer el jugo de las raíces y elevar la concentración de azúcares hasta alcanzar un valor de 74 °Brix en el producto final (miel), para ello se utilizaron dos métodos tecnológicos: A Presión Atmosférica utilizando una marmita y a Presión a Vacío utilizando un Concentrador.

Se propuso el diagrama de flujo N° 1 (Ver Pág. 51) y el diagrama de flujo N° 2 (Ver Pág. 60) para la obtención de miel de yacón a presión atmosférica y para la obtención de miel de yacón a presión a vacío, respectivamente.

En la selección de la materia prima para la obtención de miel de yacón a presión atmosférica, determinar el contenido de Fructooligosacáridos (FOS), resulta costoso y laborioso, debido a que este método demora aproximadamente seis horas y un costo de \$80.00 dólares americanos por muestra; por lo cual se decidió optar por un método mas rápido y económico, como es la medición del índice de refracción, consiste en expresar la concentración de azúcares totales en los zumos de frutas. En el caso del yacón, los FOS representan el mayor componente de los azúcares en el jugo. Dado que existe una correlación alta entre el valor de los grados brix y el contenido de FOS, se puede asegurar que la medición de los grados brix, es útil para comparar el contenido relativo de FOS de lotes de yacón.

En el caso de la miel de yacón a presión a vacío en un concentrador, se aplica el mismo método, pero a la vez también se desecha la materia prima con signo de pudrición, aplicando un método sencillo, el cual se coloca toda la materia prima en un cilindro plástico de un metro de altura con agua (hasta poco más de la mitad) y la materia prima que flotan son desechados.

En el lavado y desinfección de las raíces se realiza con abundante agua potable, frotando las raíces empleando un abrasivo suave por ejemplo una escobilla, para eliminar la tierra y residuos de abono que puedan estar adheridos en las raíces. Después del lavado, las raíces se sumergen en una solución desinfectante de hipoclorito de sodio, para disminuir la carga microbiana, esto se realiza en ambos procesos tecnológicos para la obtención de miel de yacón.

El pelado de las raíces, se hace manualmente utilizando un pelador de papas, a medida que se pelan las raíces es recomendable sumergirlas en agua potable para retardar el Pardeamiento Enzimático. En el pelado se debe asegurar el retiro de toda la cáscara de las raíces porque en ella se concentra la mayor cantidad de compuestos responsables del pardeamiento enzimático, a su vez se debe tener cuidado porque la concentración de azúcares se localiza en las zonas periféricas de la raíz.

En ensayos realizados en la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Química e Ing. Química, se pudo constatar que la cáscara se desprende fácilmente de las raíces después que estas son sometidas por breve periodos de tiempo a presión y temperaturas elevadas en una olla doméstica a presión. El desprendimiento de la cáscara es limpio y sin restos de pulpa adheridos a la cáscara, por lo que existe un ahorro significativo en

comparación a un pelado convencional, sin embargo invertir en una autoclave no es rentable, realizar una cocción con la raíz completa (con cáscara), no es rentable y a la vez la miel de yacón adquiere un sabor amargo, la cual no sería atractivo para consumirla.

Para la miel de yacón obtenida a presión a vacío se aplica el mismo método manual, para evitar el Pardeamiento Enzimático a las raíces peladas se sumergen en agua potable y se le agrega ácido cítrico 0,1g por cada kg de raíz pelada.

Para la miel de yacón a presión atmosférica, la Cocción de las raíces peladas se realiza en una marmita. En esta etapa, también se debe tener cuidado con el Pardeamiento Enzimático, ya que esto genera un problema en el sabor de la miel, por este motivo debido a varias pruebas se determinó retirar la espuma de color verde ya que este le da un sabor amargo a la miel de yacón.

Para la miel de yacón al vacío, el Triturado de las raíces peladas se realiza en un triturador, en esta etapa se pierde aproximadamente el 20% del peso de las raíces peladas en forma de bagazo. Para evitar el Pardeamiento Enzimático, se agregó al jugo extraído en el triturado ácido ascórbico en una relación de 1.3g por kg de raíces peladas, este impide que puedan ocurrir las reacciones de oxidación.

El Licuado de las raíces cocidas, para la miel de yacón a presión atmosférica, se realiza en una licuadora industrial. La merma en esta etapa es de un 1% del peso de las raíces peladas aproximadamente. Esta merma es pequeña, porque inmediatamente se procede a la filtración para evitar el pardeamiento enzimático.

El Prensado del jugo de yacón, para la miel de yacón a presión a vacío, se realiza en un extractor de jugos. Este proceso se realiza para evitar la merma en la elaboración de la miel de yacón ya que el bagazo se encuentra aproximadamente con un 80% de humedad. Esto nos significaría un ahorro económico.

En la Filtración se utiliza tocuyo por ser una alternativa simple y económica, que es una malla de diámetro menor a 150  $\mu$ m. El objetivo de este paso, es que los residuos del bagazo no ingresen a la concentración para que el aspecto de la miel de yacón no sea desagradable, vale decir que la miel no se vea sólidos en suspensión. Además si este bagazo ingresa a la concentración, sería muy tedioso tener que filtrar la miel.

La mejor manera de filtrar el jugo de manera eficiente y rápida, sería utilizar un filtro prensa, pero este proceso es costoso a comparación de la filtración por gravedad utilizando el tocuyo.

En la Evaporación y Concentración del jugo de yacón, el fin de este proceso es eliminar el agua y elevar la concentración de azúcares del jugo, hasta un valor determinado (74 °Brix). El éxito de este proceso consta en que la evaporación sea continua para lograr esto, se debe mantener un gradiente de concentración del jugo de yacón durante todo el proceso de evaporación.

El Envasado es un proceso sencillo, en el que se debería utilizar un tanque dispensador de acero inoxidable. Lamentablemente por la poca infraestructura de la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Química e Ing. Química, se realizó directamente de la marmita a un recipiente.



El Envasado de la miel de yacón a presión a vacío se utilizó el mismo concentrador que tiene un caño en la parte inferior se colocó una malla de acero inoxidable, para realizar un ultimo filtrado antes de envasarlo.

Finalmente, la miel de yacón obtenida en una marmita a presión atmosférica se tiene un rendimiento de 1 kg de miel de yacón por cada 16,78 kg de yacón, con un tiempo total de operación de 4 horas y 57 minutos.

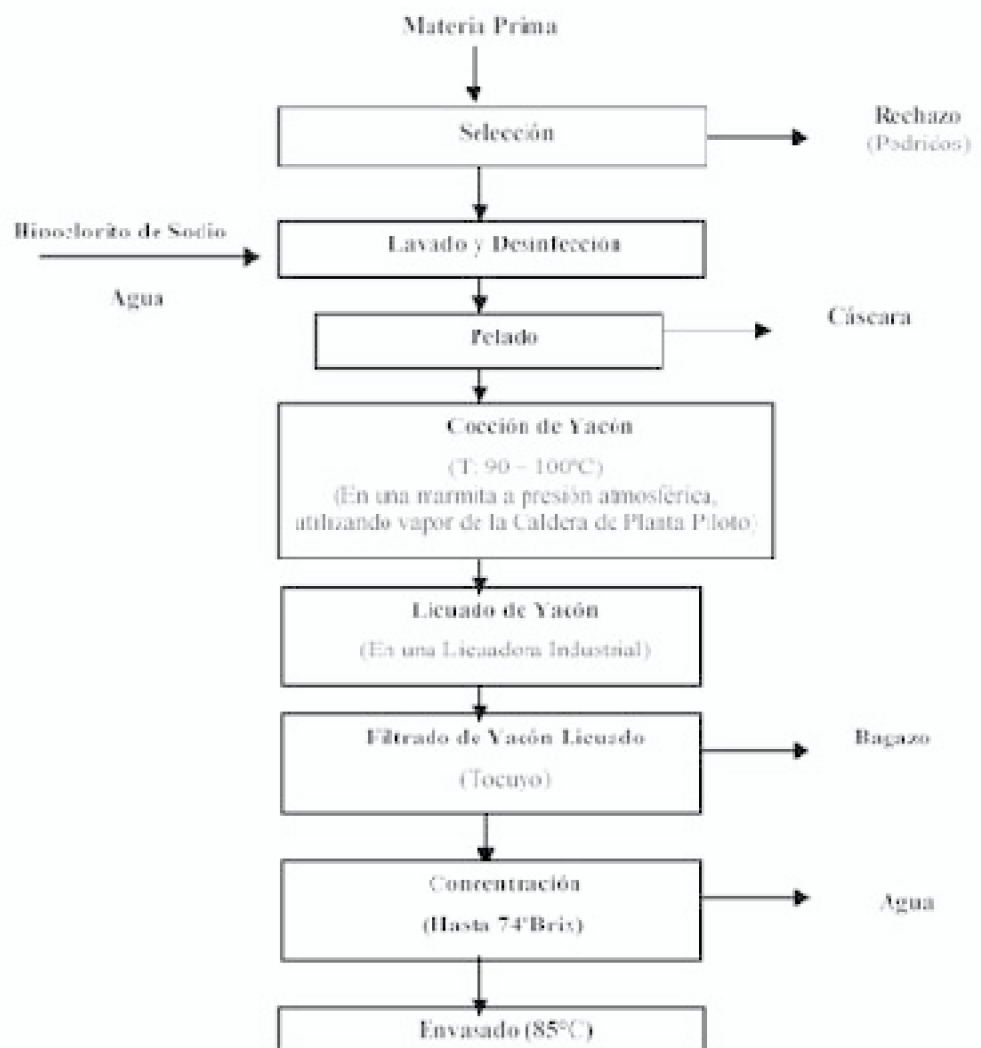
La miel de yacón obtenida en un concentrador a presión a vacío se tiene un rendimiento de 1 kg de miel de yacón por cada 14,04 kg de yacón, con un tiempo total de operación de 3 horas y 45 minutos.

En conclusión se puede decir que la hipótesis de la tesis, se ha cumplido en realidad, debido a que el método de obtención de miel de yacón a presión a vacío, tiene un mejor rendimiento de Fructooligosacáridos y a su vez en los análisis fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y en el balance de materia y energía.

## 7.5 BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA.

### 7.5.1 BALANCE DE MATERIA EN UNA MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

---



Balance de Materia en la Selección:

$$S = S1 + R1$$

$$50 \text{ kg} = S1 + 6 \text{ kg}$$

$$S1 = 44 \text{ kg}$$

Balance de Materia del Pelado:

$$S1 = S2 + R2$$

$$44 \text{ kg} = S2 + 6 \text{ kg}$$

$$S2 = 38 \text{ kg}$$

Balance de Materia del Licuado:

$$S2 = S3 + R3$$

$$38 \text{ kg} = S3 + 0,5 \text{ kg}$$

$$S3 = 37,5 \text{ kg}$$

Balance de Materia del Filtrado:

$$S3 = S4 + R4$$

$$37,5 \text{ kg} = S4 + 1,5 \text{ kg}$$

$$S4 = 36 \text{ kg}$$

Balance de Materia en marmita a presión atmosférica:

$$S5 = S6 + R6$$

$$36 \text{ kg} = S6 + 32,92 \text{ kg}$$

$$S6 = 3,08 \text{ kg}$$

Balance de Materia del Envasado:

$$S6 = S7 + R7$$

$$3.08 \text{ kg} = S7 + 0,10 \text{ kg}$$

$$S7 = 2,98 \text{ kg}$$

Balance de Materia Global:

$$E1 = S7 + R_t$$

$$50 \text{ kg} = S7 + 47.02 \text{ kg}$$

$$S7 = 2.98 \text{ kg}$$

Llegó a 74 °Brix.

Relación: 1 kg de Miel = 16,78 kg de yacón.

Tiempo total de operación 297 min. = 4h 57 min.

## 7.5.2 BALANCE DE ENERGÍA EN UNA MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

Por la Primera Ley de la Termodinámica:

$$Q - W = \Delta H + \frac{\Delta V^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} \Delta Z$$

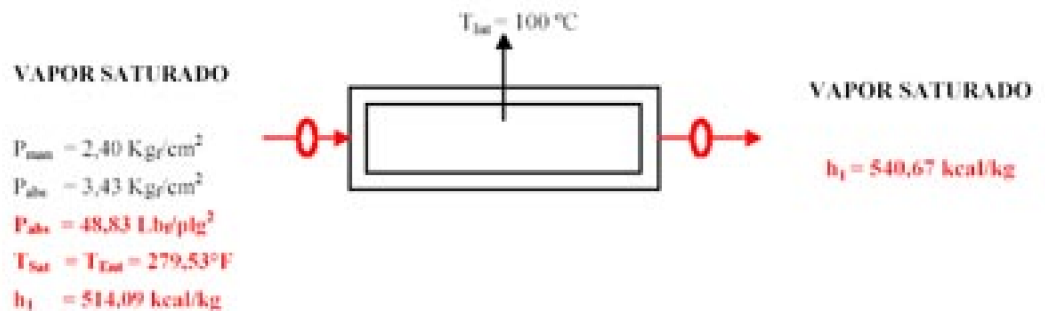
Suposiciones:

- 1.- Estado Estacionario.
- 2.- La carga cinética es cero; ya que el diámetro de la entrada y de la salida son iguales. Por la ecuación de continuidad  $V_1 = V_2$
- 3.- La carga hidrostática es cero; Se desprecia los cambios de elevación entre el punto de entrada y de salida, es decir  $\Delta Z = 0$ .

4.- Como no hay turbo maquinas el  $W = 0$ .

5.- Como la distancia entre el punto de entrada y de salida es corta, además se cuenta con información que el vapor es saturado que sale de la marmita.

6.- Se asume que en el punto (1) y (2) la masa es la misma.



En resumen se tiene:

$$Q = m (h_g - h_f)$$

$$Q = (3,08\text{Kg})(540,67\text{kcal/Kg}) - (36\text{Kg})(514,09\text{Kcal/Kg})$$

$$- Q = 16841,98 \text{ kcal}$$

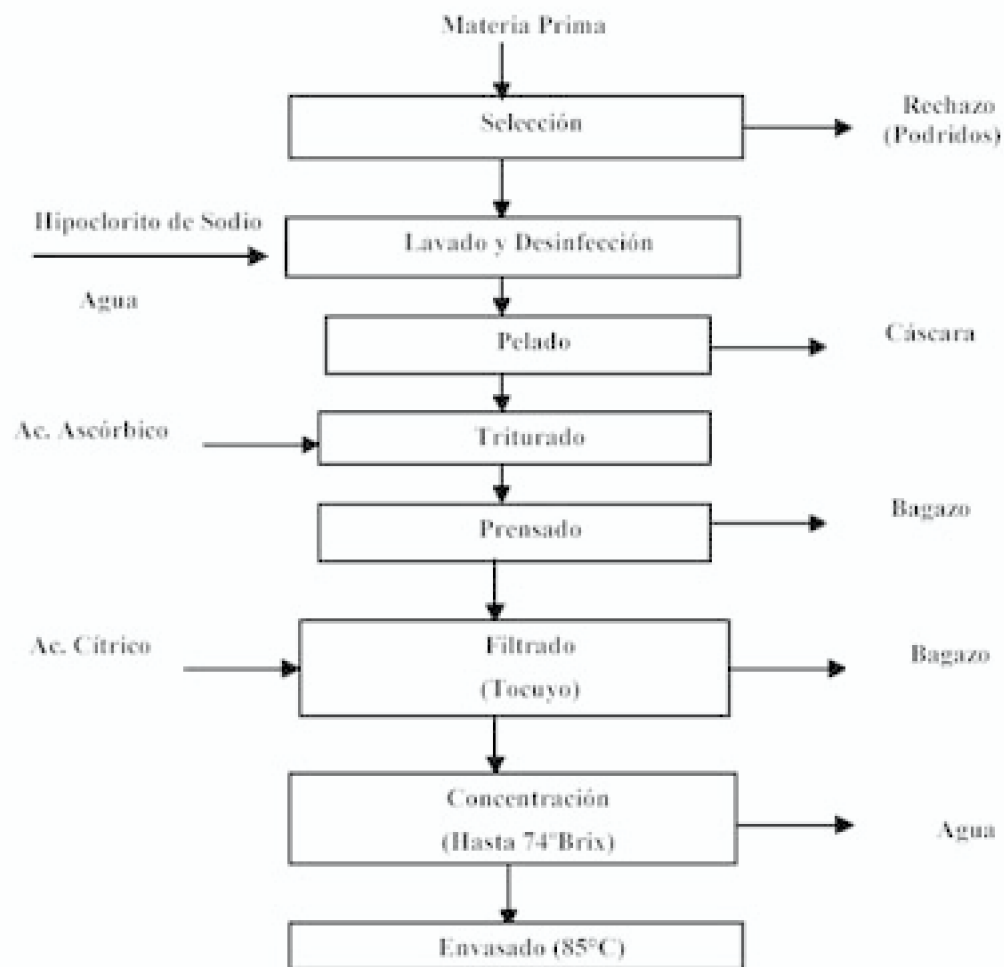
Las pérdidas de calor por unidad de tiempo:

$$- Q = 16841,98 \text{ Kcal/4,95h}$$

$$- Q = 3402,42 \text{ kcal/h}$$

### **7.5.3 BALANCE DE MATERIA EN UN CONCENTRADOR AL VACÍO.**

---



Balance de Materia en la Selección:

$$S = S1 + R1$$

$$50 \text{ kg} = S1 + 3 \text{ kg}$$

$$S1 = 47 \text{ Kg}$$

Balance de Materia del Pelado:

$$S1 = S2 + R2$$

$$47 \text{ kg} = S2 + 5 \text{ kg}$$

$$S2 = 42 \text{ kg}$$

Balance de Materia del triturado:

$$S2 = S3 + R3$$

$$42 \text{ kg} = S3 + 10,5 \text{ kg}$$

$$S3 = 31,5 \text{ kg}$$

Balance de Materia del Prensado:

$$S3 = S4 + R4$$

$$31,5 \text{ kg} = S4 + 4,5 \text{ kg}$$

$$S4 = 27 \text{ kg}$$

Balance de Materia del Filtrado:

$$S4 = S5 + R5$$

$$27 \text{ kg} = S5 + 0,5 \text{ kg}$$

$$S5 = 26,5 \text{ kg}$$

Balance de Materia en el Concentrador al Vacío:

$$S5 = S6 + R6$$

$$26,5 \text{ kg} = S6 + 22,84 \text{ kg}$$

$$S6 = 3,66 \text{ kg}$$

Balance de Materia en el Envasado:

$$S6 = S7 + R7$$

$$3,66 \text{ kg} = S7 + 0,10 \text{ kg}$$

$$S7 = 3,560 \text{ kg}$$

Balance de Materia Global:

$$E1 = S7 + R_t$$

$$50 \text{ kg} = S7 + 46,44 \text{ kg}$$

$$S7 = 3,560 \text{ kg}$$

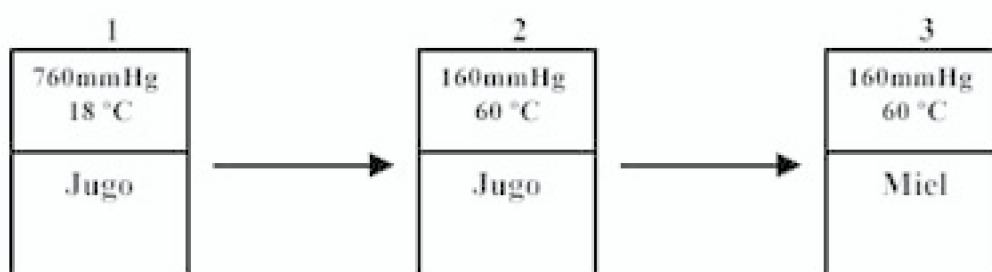
Llegó a 74 °Brix.

Relación: 1 kg de miel = 14,04 kg de yacón.

Tiempo total de operación 225 minutos = 3h 45 minutos.

#### **7.5.4 BALANCE DE ENERGÍA EN UN CONCENTRADOR A VACÍO.**

---



Suposiciones:

1.- Que la miel no se vaporiza, entonces si al final hay 3,56 kg de miel también al

inicio lo habrá.

2.- En el Balance de Energía (1) y (2) la masa de agua se mantendrá porque el agua solo se calienta y no llega a su ebullición.

3.- En el Balance de Energía (3) el calor ( $Q_2$ ) está en función al calor latente de vaporización.

4.- El Trabajo del mezclador de paletas se considera despreciable.

6.- El calor que pierde el equipo se considera despreciable, debido a que tiene aislamiento.

5.- Para hallar el calor latente de vaporización a 60°C se utiliza la siguiente ecuación:

$$\lambda_{60} = \lambda_{100} \left[ \frac{T_c - T_{60}}{T_c - T_{100}} \right]$$

**Balance de Energía en (1) y (2):**

- Sistema Cerrado:  $Q_1 = m_s \cdot C_{ps} \cdot \Delta T$

$$Q_1 = \frac{23.98 \text{ Kg}}{2h} \cdot 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} (60 - 18) ^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 503.58 \frac{\text{kcal}}{h}$$

**Balance de Energía en (3):**

$$Q_2 = m_s \cdot \lambda_{60} ^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = \frac{22.84 \text{ Kg}}{2h} \cdot 548.4 \text{ Kcal}$$

$$Q_2 = 6262.73 \frac{\text{Kcal}}{h}$$

**El Calor total que se necesita para llegar a las condiciones finales es:**

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$$Q_T = 503.58 + 6262.73$$

$$Q_T = 6766.3 \text{ kcal / h}$$





## 8.0 ANÁLISIS DE LA MIEL DE YACÓN.

### 8.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO.

La determinación de humedad, azúcares reductores, densidad y viscosidad, para la miel obtenida a presión atmosférica, fue encargada a una empresa certificada llamada Sociedad de Asesoramiento Técnico (SAT) y cuyo resumen es:

ANÁLISIS	RESULTADOS
Humedad (g/100g)	52,35
Azúcares Reductores (g/100g)	21,09
Densidad a 20 °C (g/ml)	1,3244
Viscosidad (cps)	157

A su vez para la miel obtenida a presión a vacío, fue encargada a la Sociedad de Asesoramiento Técnico (SAT) y cuyo resumen es:

ANÁLISIS	RESULTADOS
Humedad (g/100g)	31,13
Azúcares Reductores (g/100g)	37,49
Densidad a 20 °C (g/ml)	1,3258
Viscosidad (cps)	174,27

A partir de estos resultados se puede concluir que en la miel de yacón obtenida a presión a vacío posee una menor humedad a comparación de la otra miel a presión atmosférica, a su vez la miel de yacón a presión a vacío tiene mayor cantidades de azúcares reductores que la miel a presión atmosférica.

Tanto en densidad y viscosidad ambas mieles poseen valores sin mucha desviación.

Los resultados originales se encuentran en el anexo N° 13.3 (Pág. 113)

## 8.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

Este análisis se realiza en el Laboratorio de Microbiología de la Planta de Procesos Alimentarios ALICORP S.A.A.

El Jefe del Laboratorio de Microbiología de la planta de Procesos Alimentarios de Alicorp, Ing. Walter Olaya Ramos, certificó la calidad microbiológica de la miel de yacón a presión atmosférica y a vacío, respectivamente.

<b>ALICORP. S.A.- Planta COPSA</b>
Laboratorio de Microbiología.

Referencia
Solicitante: Luis Pinto Maguiña
Producto: Miel de Yacón a Presión Atmosférica
Fecha: 28. Dic. 2005
Número de Muestras: 01
Forma de Presentación: Muestra envasada en frasco de vidrio cerrado con tapa metálica.

Análisis Microbiológico	
Muestra	Miel de Yacón
Fecha de Produce.	11.Nov.2005
Fecha de Venc.	11.Mar.2006
Fecha de Análisis.	01/07/2005
A.Mesofilos Ufc/g	3 x 10
Hongos y Lev. Ufc/g	< 10
Anaerobios Sulfito reductores	<10
Coliformes NMP/g	< 3
Enterobac.Ufc/g	< 10
E.Coli	Ausencia
Staphylococcus A.	Ausencia
Salmonella / 25g	Ausencia
Lactobacillus	< 10

ALICORP. S.A.- Planta COPSA
Laboratorio de Microbiología.

Referencia
Solicitante: Luis Pinto Maguiña
Producto: Miel de Yacón a Presión de Vacío.
Fecha: 29. Dic. 2005
Número de Muestras: 01
Forma de Presentación : Muestra envasada en frasco de vidrio cerrado con tapa metálica.

Análisis Microbiológico	
Muestra	Miel de Yacón
Fecha de Producc.	15.Nov.2005
Fecha de Venc.	15.Mar.2006
Fecha de Análisis.	01/07/2005
A.Mesofilos Ufc/g	2 x 10
Hongos y Lev. Ufc/g	< 10
Anaerobios Sulfito reductores	<10
Coliformes NMP/g	< 2
Enterobac.Ufc/g	< 10
E.Coli	Ausencia
Staphylococcus A.	Ausencia
Salmonella / 25g	Ausencia
Lactobacillus	< 10

A partir de los resultados se puede concluir que la miel de yacón a presión atmosférica como a presión a vacío, en comparación con la tabla de la Resolución Ministerial N° 615-2003-SA/DM, es apta para el consumo humano.

La Resolución Ministerial N° 615-2003-SA/DM se encuentra en el Anexo N° 13.4 (Pág. 117).

## 8.3 ANÁLISIS SENSORIAL.

La miel de yacón tiene un sabor muy particular y aunque es un producto dulce y bastante agradable, resulta difícil hacer una comparación de sabor con otro producto de características similares. Los resultados preliminares de los paneles de degustación realizados demuestran que la aceptación de la miel producida a presión atmosférica; como a presión de vacío es alta.

En el anexo N° 13.4 (Págs. 110 al 125), se encuentran las respuestas de los probadores del panel de degustación.

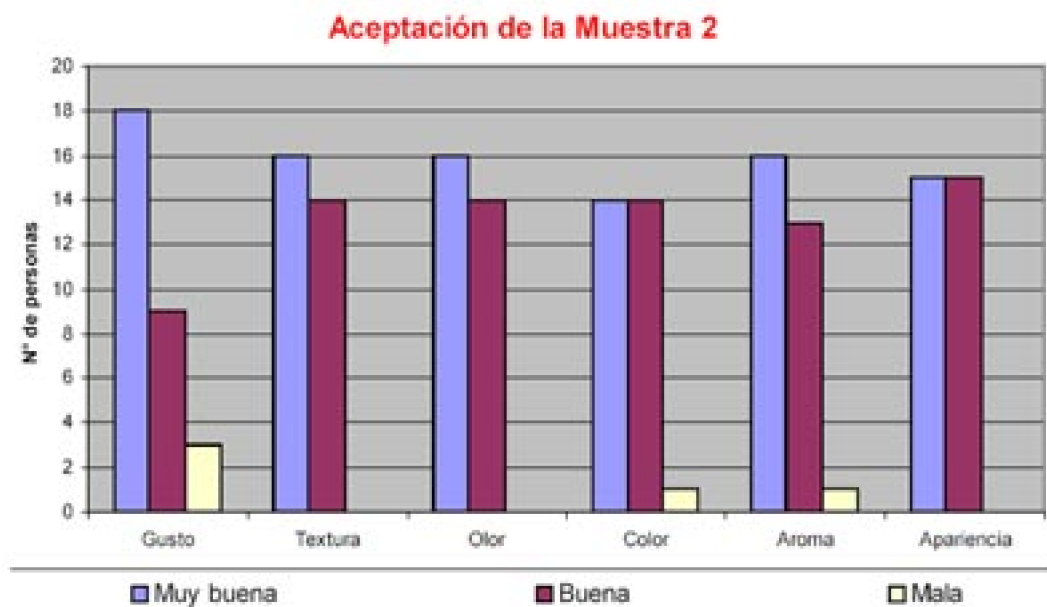
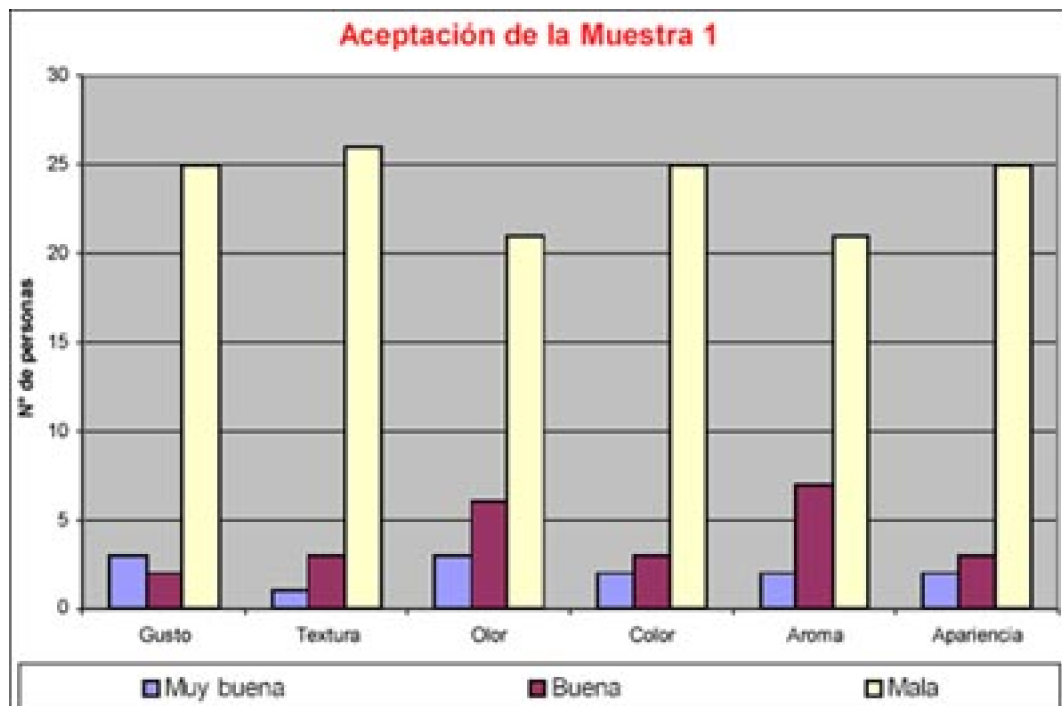
A continuación se da una estadística sencilla de los resultados de la degustación del panel:

Siendo:

- Muestra 1: La muestra de miel de yacón de kaita Perú.
- Muestra 2: La muestra de miel de yacón producida en marmita a presión atmosférica.
- Muestra 3: La muestra de miel de yacón producida en un evaporador a presión de vacío.

### Muestra 1

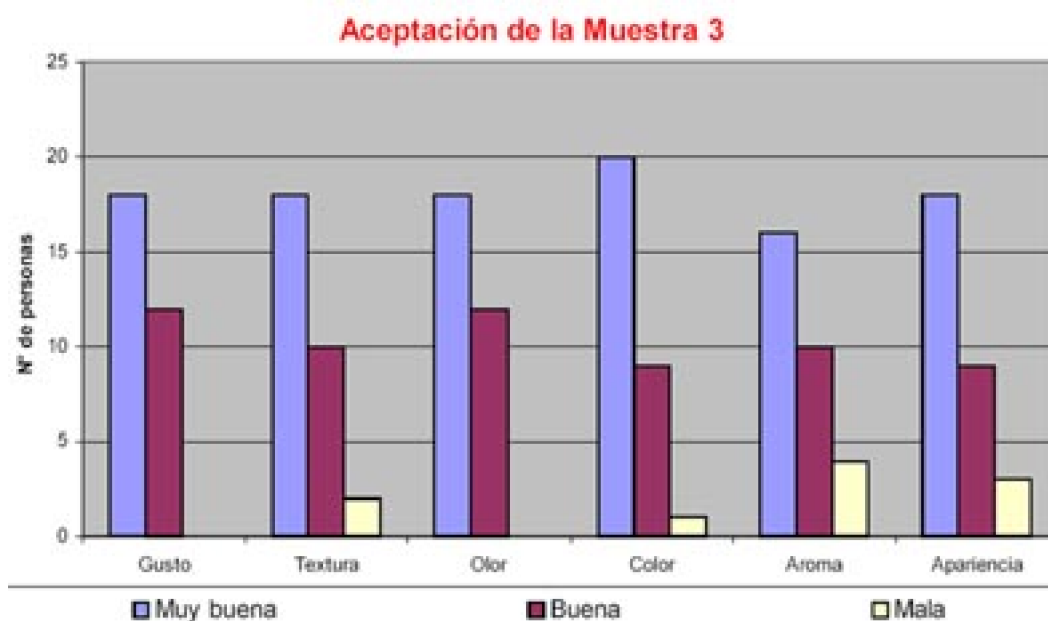
Parámetros	Calificación		
	Muy Buena (A)	Buena (B)	Mala (C)
Gusto	3	2	25
Textura	1	3	26
Olor	3	6	21
Color	2	3	25
Aroma	2	7	21
Apariencia	2	3	25



**Muestra 3**

**Comparación de dos métodos tecnológicos para obtención de miel de yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) utilizando un concentrador a presión a vacío y una marmita a presión atmosférica.**

Parámetros	Calificación		
	Muy Buena (A)	Buena (B)	Mala (C)
Gusto	18	12	0
Textura	18	10	2
Olor	18	12	0
Color	20	9	1
Aroma	16	10	4
Apariencia	18	9	3



Las graficas nos dan como resultados finales lo siguiente:

	Muestra Ganadora	% Muy Buena	% Buena	% Mala
Gusto	M 3	60,0	40,0	0,0
Textura	M 2	53,3	46,7	0,0
Olor	M 3	60,0	40,0	0,0
Color	M 3	66,6	30,0	3,4
Aroma	M 2	53,3	43,3	3,4
Apariencia	M 2	50,0	50,0	0,0

A partir de los resultados mencionados se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- La miel de yacón de la empresa Kaita Perú, en los resultados del panel de control se ve que la aceptación del producto es baja y pobre.
- La miel de yacón a presión atmosférica en los resultados se puede apreciar que la aceptación es alta, pero en el ítem del gusto en el panel de control es menor a diferencia de la miel de yacón a presión a vacío.

- La miel de yacón a presión a vacío en los resultados se puede apreciar que la aceptación es muy alta, pero en los ítems del textura, aroma y apariencia, en el panel de control es menor a diferencia de la miel de yacón a presión atmosférica.

- La conclusión mas importante se puede decir que la miel de yacón a presión a vacío (muestra 3) es la de mayor aceptación por parte del panel de degustación, como se puede ver en las graficas y en el Anexo N° 13.4 (Págs. 110 al 125).





## 9.0 ASPECTOS ECONÓMICOS

Análisis de costos (en S/.) para una planta de procesamiento con capacidad de producción de 5 kg de miel de yacón al día. Costos referenciales a Septiembre del 2006 (1 U\$ = S/3,25). Se consideran 252 días de producción en un año.

### 9.1 COSTOS FIJOS DE LA MIEL DE YACÓN EN MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

<b>Variables</b>	<b>Costa inicial</b>	<b>Vida útil</b>	<b>Costo año</b>
Infraestructura			
Construcción simple	3000	10	300
Servicios			
Agua, Luz y Otros	1000	1	1000
Maquinaria y Accesorios			
2 Marmitas	5000	10	500
1 Tanque de filtración	748	10	75
2 Refractómetros	1190	10	119
2 Licuadoras Semi - Industriales	5000	5	1000
1 Cocina Industrial	1000	10	100
1 Estabilizador de corriente	680	5	136
Otros (baldes, bandejas, peladores, etc.)	680	4	170
Costos Totales			
Costos fijos anuales totales			3400
Costos fijos por día de producción*			13

## **9.2 COSTOS VARIABLES DE LA MIEL DE YACÓN EN MARMITA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA.**

<b>Variables</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unidad</b>	<b>Costo para 5 Kg. de miel</b>
Insumos (kg)			
Raíces de Yacón	85	1,1	93,5
Limón	1,7	4	6,8
Combustible(Galones)			
Petróleo	30	12	360
Mana de obra (jornal)			
Lavado	1	15	15
Pelado	2	15	30
Extracción jugo	2	15	30
Evaporación y Envasado	1	15	15
Empaque			
Frascos de 400 g	13	0,6	7,8
Total costos variables por día de producción			558,1

### 9.3 COSTOS FIJOS DE MIEL DE YACÓN EN CONCENTRADOR A PRESIÓN DE VACÍO.

Variables	Costa inicial	Vida útil	Costo año
Infraestructura			
Construcción simple	3000	10	300
Servicios			
Agua, Luz y Otros	1000	1	1000
Maquinaria y Accesorios			
1 Evaporador	3400	10	340
1 Tanque de filtración	748	10	75
2 Refractómetros	1190	10	119
2 Extractores de jugo	9860	5	1972
1 Cocina a gas	204	10	20
1 Estabilizador de corriente	680	5	136
Otros (baldes, bandejas, peladores, etc.)	680	4	170
Costos Totales			
Costos fijos anuales totales			4132
Costos fijos por día de producción			16

### 9.4 COSTOS VARIABLES DE MIEL DE YACÓN EN CONCENTRADOR A PRESIÓN DE VACÍO.

<b>Variables</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unidad</b>	<b>Costo para 5 Kg. de miel</b>
Insumos (kg)			
Raíces de Yacón	85	1,1	93,5
Ac. Ascórbico + Ac. Cítrico	2	15	30
Combustible(Galones)			
Petróleo	25	12	300
Mana de obra (jornal)			
Lavado	1	15	15
Pelado	2	15	30
Extracción jugo	2	15	30
Evaporación y Envasado	1	15	15
Empaque			
Frascos de 400 g	13	0,6	7,8
Total costos variables por día de producción			521,3

## 9.5 COMPARACIÓN DE COSTOS DIARIOS EN FUNCIÓN A LOS DOS MÉTODOS.

	<b>Costos en Bruto por día (S/.)</b>	<b>Costo x Envase Sin ganancia (S/.)</b>	<b>Costo x Envase Con ganancia (S/.)</b>
Miel de Yacón a Presión Atmosférica	571,1	44	50
Miel de Yacón a Presión de Vacío	537,3	41,4	50

En Resumen se puede decir:

La miel de yacón a presión de vacío resulta mas económica, se observa que la diferencia entre los métodos es de S/. 2,60 por cada frasco de 400g.

En el siguiente cuadro observamos las ganancias hipotéticas en los diferentes tiempos:

---

	<b>Ganancia Diaria (S/.)</b>	<b>Ganancia Mensual (S/.)</b>	<b>Ganancia Anual (S/.)</b>
Miel de Yacón a Presión Atmosférica	78	1 638	19 656
Miel de Yacón a Presión de Vacío	111,8	2 347,8	28 173,6
Diferencia de Ganancia	33,8	709,8	8 517,6



## 10.0 CONCLUSIONES.

### - Materia Prima

1. Se ha reunido evidencia científica preliminar a favor del uso del yacón para el tratamiento de la diabetes. La relación que tienen con una mejor salud del tracto intestinal.

2. Elevados costos para el transporte de la materia prima (el 90% del peso de las raíces está en forma de agua).

3. Pérdidas durante el transporte (el yacón es susceptible al daño físico por golpes).

4. La eficiencia de conversión de raíces a miel varía generalmente entre 7 y 10%, es decir que para obtener 1 kg de miel de yacón se debe emplear entre 10 a 15 kg de raíces lavadas.

### - En la obtención de miel de yacón a presión atmosférica

5. En la selección de la materia prima se realizó a través de la medición de refracción del jugo de yacón.

6. Pérdidas significativas, por descarte de aquellas raíces que no califican por su presentación (raíces muy grandes o pequeñas, raíces rajadas o partidas, etc).

7. El lavado se hizo con abundante agua e hipoclorito de sodio para eliminar la carga microbiana y a su vez la tierra que se encuentra adherida a la materia prima.

8. El pelado de las raíces con peladores manuales es una actividad poco eficiente (alrededor del 20% del peso de las raíces se pierde durante el pelado), además consume

mucho tiempo y demanda excesiva mano de obra.

9. En el licuado se produce aproximadamente una pérdida de un 1% del total de la materia prima para la producción de miel de yacón.

10. La filtración se realiza con tocuyo, es un proceso simple de filtración por gravedad.

11. El tamaño de las mallas no deben ser mayores a 100µm de diámetro.

12. En la evaporación y concentración la función es eliminar el agua y elevar los grados brix.

13. En la evaporación y concentración debe ser continuo para producir una miel de buena calidad (sin sabor a azúcar quemada).

14. En el envasado se debe asegurar que la temperatura de la miel de yacón debe ser superior a 85°C y que los grados brix sean entre 72 y 75.

- En la obtención de miel de yacón a presión a vacío.

15. El proceso de selección se realizó con la medición del índice de refracción del jugo de yacón, a su vez se colocó un cilindro plástico con agua, para desechar la materia prima que se encuentran podridos.

16. El pelado se realizó manualmente con peladores de papa.

17. Para evitar el pardeamiento enzimático, se emplea el ácido ascórbico en combinación con el ácido cítrico.

18. En el triturado se pierde alrededor del 20% del peso de las raíces peladas en forma de bagazo.

19. El prensado se realiza en el bagazo para evitar las pérdidas en la elaboración de la miel de yacón.

20. El tamaño de las mallas no deben ser mayores a 150µm de diámetro.

21. En la evaporación y la concentración se trabajó a una temperatura de 60°C y a una presión de 160mmHg.

- Miel de yacón.

22. Los gastos en transporte pueden reducirse en más de 90% debido a que la miel, contiene mucho menos cantidad de agua que las raíces. El transporte de la miel no ocasiona mermas, a comparación del transporte de raíces.

23. El método de obtención de miel de yacón en un Concentrador a Vacío es el más óptimo a nivel de Fructooligosacaridos (FOS) a comparación al método de marmita a presión constante.

24. La miel de yacón a presión a vacío, posee una menor humedad que la miel obtenida a presión atmosférica.

25. La miel de yacón a presión a vacío, posee una mayor cantidad de azúcares reductores que la miel obtenida a presión atmosférica.

26. La miel de yacón a presión a vacío, posee una mayor viscosidad que la miel



obtenida a presión atmosférica.

27. Según los análisis microbiológicos realizados en Alicorp S.A.A, se determina que ambas mieles son aptas para el consumo humano.

28. En el estudio de aspectos económicos se puede decir que la miel de yacón a presión a vacío es más económica que la miel obtenida a presión atmosférica.

29. En el análisis sensorial, el producto de mayor aceptación por parte del público es la miel producida a presión a vacío.

30. El método de obtención de miel de yacón a presión a vacío es el más óptimo en calidad fisicoquímica, sensorial y económica a comparación de la miel de yacón a presión atmosférica.

31. El procesamiento de la miel tiene otras ventajas adicionales: genera nuevos puestos de trabajo; genera valor agregado en la materia prima en la misma zona de producción; diversifica las formas de consumo del yacón.

32. La miel de yacón puede lograr un buen posicionamiento en el mercado de edulcorantes naturales con bajo contenido de calorías.

33. La miel de yacón también puede obtener un buen posicionamiento en la línea de productos nutracéuticos debido a que la legislación de varios países reconoce el efecto bifidogénico de los FOS.



## 11.0 RECOMENDACIONES.

1. Seleccionar cultivares de yacón que tengan más de 10°Brix.
2. En la selección de la materia prima, descartar las raíces con signos de pudrición.
3. Después del lavado de las raíces, desinfectar con Hipoclorito de Sodio, para reducir la carga microbiana.
4. En el pelado retirar minuciosamente toda la cáscara ya que en ella se concentra una cantidad muy alta de compuestos químicos propensos al pardeamiento y paralelamente le da un sabor amargo al producto final es decir la miel.
5. Retirar la espuma verde que se forma en el proceso de la cocción en la miel de yacón obtenida a presión atmosférica, ya que este le da un mal sabor(amargor) en el producto final.
6. Para controlar el pardeamiento enzimático en la miel de yacón a presión a vacío, se utiliza ácido cítrico con una relación de 0,1g por cada kg de raíz pelada, también agregar ácido ascórbico con una relación de 1,3g por cada kg de raíz pelada.
7. Realizar de manera rápida el licuado, para evitar el pardeamiento enzimático.
8. En la filtración, usar mallas menores de 150µm de diámetro para disminuir la carga de partículas insolubles en el jugo.
9. Las mallas construidas con material de acero inoxidable, son mejores debido a que tienen periodo de vida más extenso y además garantizan el cumplimiento de las normas de higiene del proceso.

10. En la evaporación y concentración del jugo tomar cada 5 minutos los grados brix para evitar que la miel se pueda transformar en melaza.
11. El jugo filtrado que se concentra a temperaturas de ebullición y a presión atmosférica nos da un beneficio ya que se produce la pasteurización, es decir la destrucción de microorganismos e inocuidad del producto.
12. En la miel de yacón obtenida a presión atmosférica, en el proceso del envase asegurarse que la temperatura de la miel sea superior a 85°C para evitar el desarrollo de microorganismos en el producto envasado.
13. Cambiar los pisos, mayólicas y las mesas de la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Química e Ing. Química, para poder cumplir con las normas de higiene para el procesamiento de alimentos.
14. Hacer la conversión del combustible de la caldera (petróleo) de la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Química e Ing. Química por gas natural ya que este es más económico y rentable.
15. Las empresas que han empezado a elaborar y comercializar miel de yacón en el Perú, deberían incluir el contenido de FOS en el etiquetado.

## 12.0 BIBLIOGRAFÍA

- Alles MS, de Roos NM, Bakx JC, van de Lisdonk E, Zock PL & GA Hautvast. 1999. Consumption of fructooligosaccharides does not favorably affect blood glucose and serum lipid concentrations in patients with type 2 diabetes. *American Journal of Clinical Nutrition* 69: 64-69.
- Amaya J. 2000. Efeitos de doses crescentes de nitrogecnio e potássio na produtividade de yacón (*Polymnia sonchifolia* Poe f. & Endl.). Tese dotítulo de Mestre em Agronomia. Universida de Estadual Páulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, Brasil, 58 p.
- Andersson HB, Ellegård LH & IG Bosaeus. 1999. Nondigestibility characteristics of inulin and oligofructose in humans. *Journal of Nutrition* 129: 14285-14305.
- Asami T, Minamisawa K, Tsuchiya T, Kano K, Hori I, Ohyama T, Kubota M & T Tsu kihashi. 1991. Fluctuation of oligofructan contents in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. *Soil Science and Plant Nutrition* 62(6): 621-627.
- Aybar MJ, Sánchez Riera AN, Grau A & SSSánchez. 2001. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacón) leaves in normal and diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology* 74: 125-132.
- Butler G & D Rivera. 2004. Innovations in peeling technology for yacón ten lineal. Project Report, 2004. International Potato Center [citado 6 enero 2005]. Disponible en World Wide Web: <<http://www.cipotato.org/artc/CIPcrops/2004-1127.pdf>>.
- Chen Hsiao-Ling RD, Lu Yu-Ho RN, Jiun-Lin & LY Ko. 2000. Effects of fructooligosaccharide on bowel function and indicators of nutritional status in constipated elderly men. *Nutrition Research* 20(12):1725-1733.

- Centro Internacional de la Papa 2005, Denys Rivera & Iván Manrique; Zumo de yacón.
- Centro Internacional de la Papa 2005, Iván Manrique, Adelmo Párraga & Michael Hermann; Jarabe de Yacón: Principios y Procesamiento.
- Chirinos Gallardo 2002; Obtención y Caracterización de los Oligofructanos.
- Coussement P. 1999. Inulin and oligofructoses intake and legal status. *Journal of Nutrition* 129: 1412S-1417S.
- Galindo K & Y Paredes. 2002. Efecto del zumo de *Smallanthus sonchifolius* "yacón" sobre los niveles de glucosa en ratas con diabetes mellitus experimental. Tesis para optar el título de Farmacia y Bioquímica, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Graefe S, Hermann M, Manrique I, Golombek S & A Buerkert. 2004. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. *Field Crops Research* 86:157-165.
- Hermann M, Freire I & C Pazos. 1999. Compositional diversity of the yacon storage root. in: *Impact on a changing world: Program report 1997-98*. International Potato Center (CIP), Lima (Peru), p.425-432.
- Jirovsky D, Horáková D, Kotoušek M, Valentová K & J. Ulrichová. 2003. Analysis of phenolic acids in plant materials using HPLC with amperometric detection at a platinum tubular electrode. *Journal of Separation Science* 26: 739-742.
- Koelling MR & RB Heiligmann (eds.). 1996. North American maple syrup producer's manual. Ohio (USA). Ohio State University. Extension Bulletin 856, 177 p.
- L'homme C, Arbelot M, P. Uigserver A & A Biagini. 2003. Kinetics of hydrolysis of fructooligosaccharides in mineral-buffered aqueous solutions: influence of pH and temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(1): 224-228.
- Luo J, Van Yperselle M, Rizkalla S, Rossi F, Barnett F & G Slama. 2000. Chronic consumption of short-chain fructooligosaccharides does not affect basal hepatic glucose production or insulin resistance in type 2 diabetics. *Journal of Nutrition* 130: 1572-1577.
- Mayta P, Pagano J, Peláez J, Pérez M, Pichardo L & L Puycán. 2003. Reducción de la respuesta glicémica posprandial post ingesta de raíz fresca de yacón en sujetos sanos. *Ciencia e investigación Médica Estudiantil Latinoamericana* 8: 77-81.
- Melgarejo P. 1999. Potencial productivo de la colección nacional de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poeppig & Endlicher), bajo condiciones de Oxapampa. Tesis de Grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú, 96 p.
- Pedreschi R, Campos D, Noratto G, Chirinos R & L Cisneros-Zevallos. 2003. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl.) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(18):5278-5284.
- Polreich S. 2003. Establishment of a classification scheme to structure the post-harvest diversity of yacón storage roots (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson). Degree thesis, University of Kassel, Germany, 58 p.
- Roberfroid MB. 1999. Caloric Value of Inulin and Oligofructose. *Journal of Nutrition* 129:14365-1437S.

- Rodríguez) & C Soplopucó. 2004. Efecto del *Smallanthus sonchifolius* sobre los niveles de glucosa e insulina plasmática en *Oryctolagus cuniculus* con diabetes inducida con alloxana Tesis para optar el título de Médico cirujano, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Seclén S, Mayta P & A Villena. 2005. Glycemic response and insulin sensitivity after ingestion of yacón syrup in patients with type 2 diabetes. Manuscrito no publicado, en revisión.
- Seminario J, Valderrama M & I Manrique. 2003. El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, Perú, 60 p. [http://www.cipotato.org/market/PDFdocs/Yacón\\_Fundamentos\\_password.pdf](http://www.cipotato.org/market/PDFdocs/Yacón_Fundamentos_password.pdf).
- Takenaka M, Yan X, Ono H, Yoshida M, Nagata T & T Nakanishi. 2003. Caffeic acid derivatives in the roots of yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(3): 793-796.
- Valentová K & J Ulrichová. 2003. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* - Prospective ideal crops for the prevention of chronic diseases. *Biomedical Papers* 147(2): 119-130.
- Vidal Villagómez 2004. Manejo Agronómico del Yacón.
- Yan X, Suzuki M, Ohnishi-Kameyama M, Sada Y, Nakanishi T & T Nagata. 1999. Extraction and identification of antioxidants in the root of yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 4711-4713.





## 13.0 ANEXO

**Consultar capítulo completo en formato impreso.**